

DENIS ROBERTO DE SOUZA

**DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS AO LONGO DO CURSO  
INFERIOR DO RIO ITAJAÍ-AÇU / SC E SUA CORRELAÇÃO  
SEDIMENTAR COM A PLANÍCIE COSTEIRA, PRAIA E  
PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE**

Florianópolis, 2007

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Programa de Pós-graduação em Geografia**

**Denis Roberto de Souza**

**Distribuição dos minerais pesados ao longo do curso inferior do rio  
Itajaí-Açu / SC e sua correlação sedimentar com a planície costeira,  
praia e plataforma continental interna adjacente**

**Orientador  
Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Área de concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais**

**Florianópolis/SC, setembro de 2007**

**Distribuição dos minerais pesados ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu /  
SC e sua correlação sedimentar com a planície costeira, praia e plataforma  
continental interna adjacente**

**Denis Roberto de Souza**

COORDENADOR: \_\_\_\_\_

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

PRESIDENTE: \_\_\_\_\_

Prof. Dr Norberto Olmiro Horn Filho (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr Edison Ramos Tomazolli (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr Cleverson Guizan Silva (UFF)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. MSc José Gustavo Natorf de Abreu (UNIVALI)

Florianópolis – SC, 10 de setembro de 2007

Para as alegrias de minha vida: minha  
esposa Lu e meu filho Luis Gustavo

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar aqui o meu muito obrigado a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que eu pudesse concluir mais este grande passo em minha vida.

Ao Prof. Dr. Norberto, por ter me recebido tão bem como seu orientando e por ter me guiado e estimulado a aprofundar cada vez mais na temática proposta para este estudo.

Ao Coordenador do PPG, José Carlos Espíndola, pelo apoio e disponibilidade de recursos financeiros.

Ao Professor Edison Tomazolli, pelas críticas, discussões e sugestões e ajuda na identificação dos minerais.

Ao Professor e grande amigo José Gustavo, pelas valiosas conversas formais e informais que me valeram para o desenvolvimento deste trabalho, nas leituras críticas e na utilização da infra-estrutura e equipamentos do Laboratório de Sedimentologia do CTTMar – Univali.

Ao Oceanógrafo Msc. João Thadeu pela ajuda na confecção dos mapas e na utilização da infra-estrutura e equipamentos do Laboratório de Geoprocessamento do CTTMar – Univali.

Ao Geólogo e professor da Univali, Sergio Borges, pelas sugestões.

Ao Professor do Laboratório de Oceanografia Física do CTTMar – Univali, Carlos Augusto Schettini, pelas sugestões e críticas.

Aos Técnicos do Laboratório de Sedimentologia da Univali, Gentil Silvestre, Marcelo Algarves e André, pela grande ajuda no processamento das amostras.

Ao Técnico Laboratorista do Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos, da UFRGS, Gilberto Silveira dos Santos, pelo conhecimento que adquiri na identificação dos minerais.

Ao grande amigo Daniel, pelas grandes discussões e muitas risadas nas saídas de campo. Abraços da Barra!

Aos amigos Jasiel e Ulisses, pelas sugestões nas aulas e no trabalho.

Aos colegas de turma, pelas alegrias vividas durante o tempo em que estivemos estudando juntos.

À todos os meus familiares e, principalmente, aos meus pais Gilberto e Zenaide, pelos grandes sacrifícios e apoio durante a seqüência da minha vida acadêmica. Muito obrigado.

E especialmente, agradeço a minha esposa Luciane, pela grande paciência durante o desenvolvimento deste trabalho, e ao Luis Gustavo, meu filho, pelas muitas alegrias compartilhadas. Valeu Lu, te amo muito.

E é claro, a Deus, o meu muito obrigado!!!

## RESUMO

Os minerais pesados são compostos químicos detríticos oriundos de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, tendo peso específico superior a dos minerais mais comuns como quartzo e feldspato. Os minerais pesados são reconhecidamente importantes indicadores de processos sedimentares, uma vez que a sua presença em determinados depósitos, sejam continentais, costeiros ou marinhos, sugere a intensidade e a duração do transporte sedimentar. Na plataforma continental do Estado de Santa Catarina, bem como nos rios, praias e planícies costeiras adjacentes, existe uma carência de estudos mais detalhados sobre as espécies minerais, suas concentrações e áreas de distribuição. Com o objetivo de suprir esta carência de dados, este trabalho visa identificar as espécies de minerais pesados ocorrentes no curso inferior do rio Itajaí-Açu e planície costeira de entorno, estimando sua abundância relativa, distribuição e proveniência, e correlacionando com as espécies já mapeadas na plataforma continental contígua à desembocadura do rio Itajaí-Açu, juntamente com as suas rochas fontes continentais. Através dos resultados obtidos, pode ser observado que das classes granulométricas analisadas, a maior concentração de minerais pesados está associada à fração areia muito fina. Também foi observado que na mesma fração, os ambientes com maiores concentrações médias de minerais pesados foram respectivamente: praia, planície costeira, rio e plataforma continental interna. As principais espécies mineralógicas encontradas foram: ilmenita, hornblenda, epidoto, augita, magnetita, turmalina, hematita, zircão, sericita, estauroлита, leucóxênio, silimanita, diopsídio, topázio, actinolita, cianita, hiperstênio, granada, biotita, rutilo, muscovita, monazita, limonita, esfeno, olivina, alanita, espinélio e anatásio. A ilmenita, o mineral opaco mais comum, também foi o mineral mais abundante, estando presente principalmente nos ambientes de praia e plataforma continental. A hornblenda, o mineral translúcido mais comum e o segundo mais abundante, esteve mais presente no rio Itajaí-Açu. Os minerais opacos são maioria nos ambientes praias e de planície costeira, enquanto os translúcidos são a maioria no rio Itajaí-Açu e na plataforma continental interna. Pode ser observada também uma tendência de distribuição e concentração dos minerais instáveis e com forma prismática principalmente no rio Itajaí-Açu, planície costeira de Navegantes e ao norte da plataforma continental. Entretanto, no ambiente praias, os minerais estáveis e mais arredondados são a grande maioria. Todas as informações técnicas e científicas aqui obtidas podem ser utilizadas para o embasamento de projetos subsequentes relacionados com os aspectos hidrodinâmicos e sedimentares, e principalmente, em relação aos minerais pesados.

**PALAVRAS-CHAVE:** mineral pesado, Sedimentologia, ambiente fluvial.

## **ABSTRACT**

Heavy minerals are detrital chemical compounds that come from igneous, sedimentary and metamorphic rocks with specific weights higher than most of the common minerals, such as quartz and feldspar. Heavy minerals are known to be important indicators of sedimentary processes since their presence in determined deposits, whether continental, coastal or marine, suggests the intensity and duration of sedimentary transportation. For Santa Catarina's continental shelf as well as adjacent rivers, beaches and coastal plains there is a lack of more detailed study on types of minerals, their concentrations and distribution areas. In order to fulfill this lack of data this work seeks to identify types of heavy minerals occurring in the lower course of the Itajaí-Açu River and around the coastal plain, assessing their relative abundance, distribution and source connected to the types already recorded on the contiguous continental shelf to the mouth of the Itajaí-Açu River, together with their continental rock sources. Results showed that of the grain classes analyzed, the highest concentration of heavy minerals is connected to very fine sand fraction. It was also noted that in the same fraction the environment showing the greatest concentration average of heavy minerals were respectively the following: beach, coastal plain, river and inner continental shelf. The main mineralogical types found were: ilmenite, hornblende, epidote, augite, magnetite, tourmaline, hematite, zircon, sericite, staurolite, leucoxene, silimanite, diopside, topaz, actinolite, cyanite, hypersthene, garnet, biotite, rutile, muscovite, monazite, limonite, sphene, olivine, allanite, spinelle and anatase. Ilmenite, the most common opaque mineral was also the most abundant and was found mainly on beach and continental shelf environments. Hornblende, the most common translucent mineral and the second most abundant was found present in the Itajaí-Açu River. Opaque minerals are the majority on beach and coastal plains environments whilst the translucent ones are the majority in the Itajaí-Açu River and inner continental shelf. A tendency for distribution and concentration of unstable minerals with prismatic shapes can also be seen in the Itajaí-Açu River and Navegantes' coastal plain as well as to the north of the continental shelf. However, in the beach environment, stable and rounded minerals make up for the great majority. All technical and scientific information herein may be used as base for subsequent projects related to hydrodynamic and sedimentary aspects and mainly regarding heavy minerals.

**KEY WORDS:** heavy mineral, Sedimentology, fluvial environment.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Localização da área de estudo no litoral Nordeste do Estado de Santa Catarina.....	26
FIGURA 2 – Compartimentação do litoral de Santa Catarina .....	27
FIGURA 3 – Mapa geológico do Estado de Santa Catarina, destacando as unidades cronogeológicas e estratigráficas.....	32
FIGURA 4 – Vista para sul da praia de Navegantes no setor norte da área de estudo. .....	39
FIGURA 5 – Vista para sul da praia do Atalaia no setor leste da área de estudo. ....	40
FIGURA 6 – Vista para sul da praia de Cabeçudas no setor leste da área de estudo. .....	40
FIGURA 7 – Vista aérea para sul do sistema praial Brava - Amores. ....	41
FIGURA 8 – Vista aérea para sul da praia de Balneário Camboriú.....	42
FIGURA 9 – Mapa batimétrico da plataforma continental da área de estudo e entorno. ....	44
FIGURA 10 – Perfil batimétrico transversal à plataforma continental adjacente à foz do rio Itajaí-Açu. (A – Localização geográfica; B – perfil batimétrico). ....	45
FIGURA 11 – Imagem do satélite <i>IKONOS</i> que mostra os aspectos morfométricos do curso inferior do rio Itajaí - Açu, observando-se nos bancos convexos as áreas de deposição fluvial de barras de meandro e nos bancos côncavos, as áreas de erosão fluvial. ....	53
FIGURA 12 (A, B, C, D, E) – Estágios evolutivos da bacia do Itajaí .....	55
FIGURA 13 – Seção esquemática do estágio final de inversão da bacia do Itajaí....	56
FIGURA 14 – Modelo de processos atuantes ao longo do canal fluvial durante o ciclo sedimentar.....	63
FIGURA 15 – Formação dos depósitos de pláceres sob vários tipos de correntes aquosas em cursos fluviais. ....	64
FIGURA 16 – Mapa de localização das amostras consideradas no presente trabalho .....	72
FIGURA 17 – Mapa geológico da planície costeira das folhas Itajaí e Gaspar, Santa Catarina, Brasil.....	80

FIGURA 18 – Detalhe do xisto do Complexo Brusque, afloramento localizado no setor leste da área de estudo próximo a Itajaí.....	84
FIGURA 19 – Detalhe do Conglomerado Baú, correspondente ao Grupo Itajaí, afloramento localizado no setor central da área de estudo próximo a Ilhota.....	86
FIGURA 20 – Depósito coluvial do Quaternário indiferenciado; afloramento localizado no setor nordeste da área de estudo, na localidade de Ribeirão Arraial, Gaspar. ....	89
FIGURA 21 – Depósito de leque aluvial do Quaternário indiferenciado, localizado no setor central da área de estudo, na localidade de Boa Vista, Ilhota.....	90
FIGURA 22 – Depósito eólico recobrimdo depósito marinho praial, de idade pleistocênica, aflorantes na parte norte do sistema praial Brava-Amores.....	92
FIGURA 23 – Depósito marinho praial do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, no sistema praial Brava-Amores.....	94
FIGURA 24 – Laminação plano-paralela, à base de areias finas quartzosas sobrepostas à areias com concentrações de minerais pesados, dos cordões regressivos holocênicos de Navegantes. ....	95
FIGURA 25 – Depósito lagunar do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, no sistema praia Brava-Amores. ....	96
FIGURA 26 – Depósito flúvio-lagunar do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, em Itajaí.....	97
FIGURA 27 – Depósito fluvial de canal do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, em Ilhota.....	98
FIGURA 28 – Sucessão de cristas e cavas do depósito fluvial de barra de meandro, localizado no setor leste da área de estudo, na localidade de Volta de Cima, Itajaí. ....	99
FIGURA 29 – Depósito fluvial de planície de inundação do Holoceno, localizado no setor central da área de estudo, na localidade de Espinheirinhos, Itajaí.....	100
FIGURA 30 – Depósito tecnogênico do Recente, localizado no setor leste da área de estudo, em Itajaí, onde se encontra assentada a BR 101.....	102
FIGURA 31 – Sistema deposicional praial, evidenciando os depósitos eólicos e praias do Recente, localizados no extremo nordeste da área, em Navegantes. ....	102
FIGURA 32 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas na planície costeira. ....	106
FIGURA 33 – Grau de selecionamento das amostras coletadas na planície costeira. ....	107

FIGURA 34 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos da planície costeira. ....	108
FIGURA 35 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos da planície costeira. ....	109
FIGURA 36 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas no sistema praial. ....	112
FIGURA 37 – Grau de selecionamento das amostras coletadas no sistema praial mapeado. ....	113
FIGURA 38 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos do sistema praial. ....	113
FIGURA 39 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos do sistema praial. ....	114
FIGURA 40 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	117
FIGURA 41 – Grau de selecionamento das amostras coletadas no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	118
FIGURA 42 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	118
FIGURA 43 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	119
FIGURA 44 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas na plataforma continental. ....	122
FIGURA 45 – Grau de selecionamento das amostras coletadas na plataforma continental. ....	122
FIGURA 46 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos da plataforma continental. ....	123
FIGURA 47 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos da plataforma continental. ....	124
FIGURA 48 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas na área de estudo. ....	125
FIGURA 49 – Grau de selecionamento das amostras coletadas na área de estudo. ....	126
FIGURA 50 – Histogramas de frequência simples das amostras de sedimentos da área mapeada. ....	127

FIGURA 51 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos da área mapeada. ....	127
FIGURA 52 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra da planície costeira da área de estudo. ....	129
FIGURA 53 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais pesados encontrados nos sedimentos da planície costeira da área de estudo. ....	130
FIGURA 54 – Gráfico das concentrações de minerais translúcidos, opacos e micáceos nos sedimentos da planície costeira da área de estudo. ....	132
FIGURA 55 – Gráfico de concentração de ilmenita e hematita nos sedimentos da planície costeira da área de estudo. ....	133
FIGURA 56 – Gráfico de concentração de hornblenda, epidoto e augita nos sedimentos da planície costeira da área de estudo ....	134
FIGURA 57 – Gráfico de variação dos índices de minerais ultraestáveis (ZTR), metainstáveis e instáveis, de acordo com os depósitos amostrados na planície costeira da área de estudo. ....	135
FIGURA 58 – Gráfico de concentração de zircão, turmalina e rutilo nos sedimentos da planície costeira da área de estudo. ....	136
FIGURA 59 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra nas praias da área de estudo. ....	137
FIGURA 60 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais pesados encontrados nos sedimentos das praias da área de estudo. ....	138
FIGURA 61 – Gráfico das concentrações dos minerais translúcidos e opacos nos sedimentos das praias da área de estudo. ....	140
FIGURA 62 – Gráfico das concentrações de ilmenita e magnetita nos sedimentos das praias da área de estudo. ....	140
FIGURA 63 – Gráfico das concentrações de hornblenda, augita e epidoto nos sedimentos das praias da área de estudo. ....	141
FIGURA 64 – Gráfico de variação dos índices de minerais ultraestáveis (ZTR), metainstáveis e instáveis, de acordo com os pontos amostrados nas praias da área de estudo. ....	142

FIGURA 65 – Gráfico das concentrações de zircão, turmalina e rutilo nos sedimentos das praias da área de estudo.....	143
FIGURA 66 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.....	144
FIGURA 67 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais encontrados nos sedimentos ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.....	145
FIGURA 68 – Gráfico das concentrações dos minerais translúcidos e opacos ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.....	147
FIGURA 69 – Gráfico da concentração de hornblenda, augita e epidoto ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.....	148
FIGURA 70 – Gráfico de variação dos índices de minerais ultraestáveis (ztr), metainstáveis e instáveis, de acordo com os pontos amostrados no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	149
FIGURA 71 – Gráfico das concentrações de zircão e turmalina ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	149
FIGURA 72 – Gráfico das concentrações de ilmenita, magnetita e hematita ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.....	150
FIGURA 73 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra da plataforma continental.....	151
FIGURA 74 – Mapa de isovalores de concentração de minerais pesados na amostra total (3 <i>phi</i> - 4 <i>phi</i> ). ....	152
FIGURA 75 – Mapa de isovalores de concentração de minerais pesados considerando somente o intervalo de classe granulométrica areia muito fina (4 <i>phi</i> ). ....	152
FIGURA 76 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais encontrados nos sedimentos da plataforma continental. ....	153
FIGURA 77 – Mapa de distribuição da ilmenita na plataforma continental. ....	155
FIGURA 78 – Mapa de distribuição da turmalina na plataforma continental. ....	155
FIGURA 79 – Mapa de distribuição da augita na plataforma continental. ....	156
FIGURA 80 – Mapa de distribuição do zircão na plataforma continental. ....	156
FIGURA 81 – Mapa de distribuição da hornblenda na plataforma continental.....	157

FIGURA 82 – Mapa de porcentagem do Índice ZTR na plataforma continental.....	158
FIGURA 83 – Distribuição das porcentagens da fração areia que compõe a cobertura sedimentar da área de estudo.....	158
FIGURA 84 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais encontrados nos sedimentos de todos os ambientes amostrados na área de estudo. ....	160
FIGURA 85 – Plano fatorial utilizado na PCA da planície costeira.....	164
FIGURA 86 – Histograma do fator 1 (grupos I e II). ....	165
FIGURA 87 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).....	166
FIGURA 88 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).167	
FIGURA 89 – Plano fatorial utilizado na PCA das praias. ....	168
FIGURA 90 – Histograma do fator 1 (grupos I e II). ....	169
FIGURA 91 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).....	170
FIGURA 92 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).170	
FIGURA 93 – Plano fatorial utilizado na PCA do rio Itajaí-Açu.....	172
FIGURA 94 – Histograma do fator 1 (grupos I e II). ....	173
FIGURA 95 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).....	173
FIGURA 96 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).174	
FIGURA 97 – Mapa de distribuição das cargas do fator 1: maturidade (grupo I – augita, hornblenda, epidoto e diopsídio e grupo II – zircão, turmalina e rutilo).....	176
FIGURA 98 – Mapa de distribuição das cargas do fator 2: forma (grupo III – epidoto e grupo IV – augita, hornblenda e diopsídio).....	176
FIGURA 99 – Plano fatorial utilizado na PCA em todos os ambientes amostrados. ....	178
FIGURA 100 – Histograma do fator 1 (grupos I e II). ....	179
FIGURA 101 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).....	179
FIGURA 102 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV). ....	180

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – Praias oceânicas do litoral da área de estudo. ....	38
QUADRO 2 – Unidades litoestratigráficas da planície costeira da área de estudo. ..	79

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos da planície costeira, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em <i>phi</i> , grau de selecionamento das amostras (Dp) em <i>phi</i> , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward (1954), Shepard (1973) e do depósito e idade a qual pertence a amostra. ....	105
TABELA 2 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos das praias da área de estudo, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em <i>phi</i> , grau de selecionamento das amostras (Dp) em <i>phi</i> , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward e Shepard. ....	111
TABELA 3 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em <i>phi</i> , grau de selecionamento das amostras (Dp) em <i>phi</i> , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward (1954) e Shepard (1973). ....	116
TABELA 4 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos da plataforma continental interna, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em <i>phi</i> , grau de selecionamento das amostras (Dp) em <i>phi</i> , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward (1954) e Shepard (1973). ....	121
TABELA 5 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos da planície costeira da área de estudo. ....	130
TABELA 6 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos das praias da área de estudo ....	138
TABELA 7 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu. ....	145
TABELA 8 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos da plataforma continental. ....	153
TABELA 9 – Porcentagem média de ocorrência mineral em relação a todos os ambientes amostrados. ....	160



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	19
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	23
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	25
3.1	GERAL	25
3.2	ESPECÍFICOS	25
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO E ENTORNO</b>	26
4.1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	26
4.2	CLIMA E DINÂMICA COSTEIRA	28
4.2.1	Variações relativas do nível do mar	30
4.3	GEOLOGIA	31
4.3.1	Escudo Catarinense	32
4.3.2	Bacia do Paraná	33
4.3.3	Planalto da Serra Geral	34
4.3.4	Complexo Alcalino	34
4.3.5	Província costeira	34
4.3.5.1	Planície costeira	35
4.3.5.2	Sistema praial	37
4.3.5.3	Plataforma continental	42
4.4	GEOMORFOLOGIA	47
4.4.1	Terras altas	47
4.4.2	Terras baixas	49
4.5	HIDROGRAFIA	49
4.5.1	Curso inferior do rio Itajaí-Açu	52
4.5.2	Evolução geológica	54
<b>5</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	57
5.1	AMBIENTE FLUVIAL	57
5.2	PLANÍCIE COSTEIRA	58
5.3	PLATAFORMA CONTINENTAL	60
5.4	MINERAIS PESADOS	62
5.4.1	Formação e origem	62

5.4.2	Dinâmica e transporte .....	64
5.4.3	Distribuição e ocorrência dos minerais pesados no Brasil e exterior.....	65
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>70</b>
6.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	70
6.2	FOTOINTERPRETAÇÃO .....	70
6.3	TRABALHO DE CAMPO .....	70
6.4	ANÁLISE LABORATORIAL .....	73
6.4.1	Granulometria.....	73
6.4.2	Mineralogia.....	74
6.5	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....	75
6.6	GEOPROCESSAMENTO .....	76
<b>7</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
7.1	GEOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DA PLANÍCIE COSTEIRA .....	77
7.1.1	Embasamento cristalino indiferenciado .....	81
7.1.2	Sistema deposicional continental de encosta.....	87
7.1.2.1	Depósito coluvial .....	88
7.1.2.2	Depósito de leque aluvial .....	89
7.1.3	Sistema deposicional laguna-barreira III .....	90
7.1.3.1	Depósito eólico recobrimdo depósito marinho praial .....	91
7.1.3.2	Depósito lagunar .....	92
7.1.4	Sistema deposicional laguna-barreira IV .....	93
7.1.4.1	Depósito marinho praial.....	93
7.1.4.2	Depósito lagunar .....	95
7.1.4.3	Depósito flúvio-lagunar .....	96
7.1.5	Sistema deposicional fluvial .....	97
7.1.5.1	Depósito fluvial de canal.....	97
7.1.5.2	Depósito fluvial de barra de meandro.....	98
7.1.5.3	Depósito fluvial de planície de inundação .....	99
7.1.6	Sistema deposicional antropogênico .....	100
7.1.6.1	Depósito antropogênico.....	100
7.1.6.2	Depósito tecnogênico .....	101
7.1.7	Sistema deposicional praial.....	101
7.1.7.1	Depósito eólico .....	103
7.1.7.2	Depósito marinho praial.....	103

7.2	ASPECTOS GRANULOMÉTRICOS.....	103
7.2.1	Planície costeira .....	103
7.2.2	Sistema praial.....	109
7.2.3	Rio Itajaí-Açu.....	114
7.2.4	Plataforma continental interna.....	119
7.2.5	Todos os ambientes .....	124
7.3	ASPECTOS MINERALÓGICOS.....	128
7.3.1	Planície costeira .....	128
7.3.2	Sistema praial.....	136
7.3.3	Rio Itajaí-Açu.....	143
7.3.4	Plataforma continental interna.....	151
7.3.5	Todos os ambientes .....	159
7.3.6	Análise estatística.....	163
8	<b>DISCUSSÃO</b> .....	181
9	<b>CONCLUSÕES</b> .....	184
10	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	188

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho trata da distribuição dos minerais pesados ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu, praias e planície costeira contígua, na área compreendida entre as folhas Gaspar e Itajaí no Estado de Santa Catarina, e sua correlação com as concentrações encontradas na plataforma continental interna adjacente.

Os minerais pesados são minerais detríticos oriundos das rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, tendo peso específico maior que  $2,85 \text{ g/cm}^3$  e comumente formando constituintes menores ou minerais acessórios das rochas em geral (BATES & JACKSON, 1980). Segundo Suguio (1980), os minerais pesados apresentam um peso específico maior do que os minerais mais comuns das rochas sedimentares, como feldspato e quartzo, cujo peso específico é de  $2,6 \text{ g/cm}^3$ . A quantidade dos minerais pesados em um determinado local depende da sua abundância na área fonte e da intensidade do processo de transporte, que inclui a sua capacidade de resistência ao intemperismo, à abrasão e a sua segregação devido a diferenças na densidade e forma (ADDAD, 2001).

Estes minerais podem ser pesados “pesados” e pesados “leves” (PALMA, 1979). O ouro, o diamante, a cassiterita e a platina têm peso específico bastante alto ( $6,8$  a  $21 \text{ g/cm}^3$ ) e, devido a esta característica, não apresentam efetivo deslocamento sob ação dos agentes de transporte. Por esta razão são considerados pesados “pesados” e são encontrados próximos à rocha fonte ao longo dos canais fluviais.

Como minerais pesados “leves” são conhecidos, entre muitos outros, a ilmenita, o rutilo, o zircão e a monazita, os quais possuem peso específico relativamente baixo ( $2,9$  a  $5,3 \text{ g/cm}^3$ ), o que permite o seu transporte a maiores distâncias, podendo atingir zonas litorâneas de alta energia, onde são concentrados em depósitos denominados de pláceres.

Os pláceres são acumulações sedimentares formadas pela concentração mecânica de minerais detríticos de valor econômico, incluindo diversos bens metálicos ou pedras preciosas, originados a partir do intemperismo e erosão de rochas-fonte, principalmente ígneas, mas também de rochas metamórficas e sedimentares (SILVA, 2000).

Os minerais pesados são reconhecidamente importantes indicadores de processos sedimentares, uma vez que a sua presença em determinados depósitos, sejam continentais, costeiros ou marinhos, sugere a intensidade e a duração do transporte sedimentar. Por isso a dispersão do material detrítico proveniente do intemperismo e erosão das rochas pode ser avaliada analisando-se a presença de assembléias de minerais pesados. A sua concentração e volume, por outro lado, são parâmetros importantes que se destacam quando o objetivo da pesquisa está focado na prospecção mineral.

Os atributos dos minerais pesados provêm da sua aplicabilidade nos estudos e na interpretação dos resultados em vários aspectos relacionados à Sedimentologia, Estratigrafia, Análise Ambiental e Geologia Econômica.

Na Sedimentologia, seu estudo representa uma referência para a caracterização dos processos sedimentares de transporte, velocidade de fluxo hidráulico, erosão e deposição, parâmetros que definem os ambientes sedimentares (TOMAZELLI, 1978). As concentrações de minerais pesados são consideradas nos estudos de proveniência e dispersão dos sedimentos, pois os mesmos são característicos de determinados tipos de rochas fontes (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938; KRUMBEIN & SLOSS, 1956; FEO-CODECIDO, 1956; PETTIJOHN, 1957). A sua distribuição permite identificar direções preferenciais de transporte sedimentar (TOMAZELLI, 1978; MEZZADRI & SACCANI, 1989; CALLIARI *et al.*, 1990).

Na Estratigrafia, maiores ou menores concentrações de minerais pesados podem indicar períodos de tempo nos quais os processos sedimentares manifestaram-se com intensidades diferentes, refletindo níveis de energia ambiental variáveis e, desta forma, se constituem numa excelente ferramenta para a reconstituição dos paleoambientes, paleoclimas e paleogeografia (FEO-CODECIDO, 1956; ALLEN, 1972; TOMAZELLI, 1978). Desta forma, através da acumulação de minerais pesados, pode-se inferir a respeito de antigos ambientes fluviais retrabalhados pela exposição aérea ou sub-aquosa ou ainda sobre os estágios de erosão ou preservação de praias, dependendo do regime hidráulico a que estes ambientes foram submetidos nos últimos episódios geológicos.

Na Análise Ambiental, os processos de alteração do meio ambiente apresentam, muitas vezes, uma participação de fatores geológicos superficiais, na posição de substratos, agentes ou condicionantes (ADDAD, 2001). Quando estiver

envolvida uma mudança de fluxos sedimentares, os minerais pesados possuem um potencial marcador desta mudança.

Além do interesse científico e acadêmico, os minerais pesados ocupam papel destacado na Geologia Econômica devido ao fato de serem também utilizados para análise de bacias e correlação de fácies e geometria de reservatórios potenciais (ADDAD, 2001). Os pláceres de minerais pesados eventualmente apresentam concentrações interessantes de ferro, titânio, tório, zinco e muitos outros metais estratégicos que, em determinadas áreas formam jazidas passíveis de exploração.

As principais atividades exploratórias de pláceres no Brasil concentram-se na zona costeira emersa, onde alguns depósitos de praias atuais e pretéritas foram explorados na costa sul da Bahia, no Espírito Santo e atualmente, no litoral norte do Rio de Janeiro. Nestas regiões os principais minerais pesados são a ilmenita, o zircão e a monazita.

Na faixa litorânea brasileira desde a costa do Pará até o Rio Grande do Sul se encontram concentrações de minerais pesados tanto emersas como submersas, estendendo-se até a plataforma continental recobrimdo o assoalho marinho (SANTANA, 1997). Neste sentido, o Projeto Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC) que, além de realizar um amplo levantamento da forma e natureza de toda a margem continental brasileira, envolvendo o mapeamento geológico de reconhecimento, informações gerais sobre a estrutura geológica rasa e profunda, distribuição dos sedimentos e rochas de superfície e caracterização morfológica da topografia submarina, buscou a investigação e mapeamento das áreas com potencial econômico em matéria de petróleo e depósitos minerais.

Recentemente, o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMLAC), no âmbito da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), constitui um programa nacional, no qual os resultados deste trabalho se encontram relacionados, já que o referido programa pretende investigar as principais áreas potenciais em pláceres e outros recursos minerais.

No Estado de Santa Catarina a carência de informações é maior no que diz respeito à deposição e distribuição dos minerais pesados. Portanto, o presente trabalho dará continuidade aos estudos de caracterização sedimentológica da zona costeira de Santa Catarina e representa também, um estudo pioneiro no

reconhecimento das espécies de minerais pesados ocorrentes nos rios e planície costeira da região litorânea do território catarinense.

## 2 JUSTIFICATIVA

O trabalho a ser realizado pode ser justificado uma vez que não se conhecem informações sobre os tipos e a abundância de minerais pesados nos rios e planície costeira de Santa Catarina.

Na literatura até então disponibilizada, existem dados sedimentológicos a respeito da planície costeira de Santa Catarina, mas muito pouca informação em relação aos minerais pesados. Por esta razão, se destaca a principal justificativa para elaboração deste trabalho, que contribui para o melhor entendimento dos processos sedimentológicos e paleogeográficos que atuam na região.

Segundo Abreu (1998), estudos de caráter básico enfocando aspectos hidrodinâmicos e processos sedimentares que forneçam informações técnicas e científicas, tornam-se necessários para o embasamento de projetos subseqüentes. O reconhecimento de ambientes sedimentares em regiões emersas e submersas através de mapeamentos geológicos tem por objetivo, entre outros, identificar áreas de preservação, apontar áreas cujas características originais precisam ser recuperadas e indicar a melhor utilização de determinados locais, repassando este conhecimento às entidades que atuam na preservação e recuperação através dos planos de gestão, e para os quais é de fundamental importância o conhecimento gerado no seio acadêmico.

Além disso, segundo Tomazelli (1978), conhecendo-se as espécies e a distribuição dos minerais pesados é possível executar mapeamentos sedimentológicos, correlacionar com formações geológicas e área fonte dos sedimentos, estabelecer uma reconstituição paleogeográfica e até mesmo explorar esses minerais – alguns de grande valor econômico – uma vez que os mesmos podem concentrar-se em determinadas áreas.

De acordo com Mange & Maurer (1992, *apud* SILVA, 1999), a análise de minerais pesados é uma técnica das mais importantes e amplamente interligada na determinação da proveniência dos diferentes tipos de rochas, devido ao grande número de espécies minerais, assim como no traçado do padrão de dispersão de sedimentos, localização de depósitos potencialmente econômicos, elucidação de processos diagenéticos, entre outros.



Os resultados da pesquisa que serão apresentados assumem também importância à medida que se intensificam alguns problemas ambientais observados em algumas praias da região. Sendo os minerais pesados indicadores do nível de energia a que a praia está submetida e, conseqüentemente do seu estado de preservação ou de erosão, os resultados alcançados poderão contribuir para futuros programas de proteção ou de recuperação de regiões afetadas pela erosão costeira.

A escolha desta região do estado catarinense como área de estudo se deve principalmente pela continuidade das pesquisas e trabalhos já realizados nesta região, além de sua importância geográfica, ambiental e sócio-econômica para o sul do Brasil.

Desta forma, fica evidenciada a necessidade da continuidade dos estudos mineralógicos e sedimentológicos no litoral e na plataforma continental catarinense, principalmente aqueles que forneçam um maior detalhamento dos dados. Além disso, também é enfática a necessidade de pesquisas relacionadas à geologia e mineralogia das rochas do litoral catarinense, já que figuram como base principal para estes estudos mineralógicos.

Este trabalho também assume uma importância como referência para o Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, já que o mapeamento geológico-geomorfológico apresentado aqui vem a somar com as outras pesquisas do mesmo cunho científico já realizadas no referido Programa. Além disso, a descrição da distribuição dos minerais pesados se configura como pioneira para a Linha de Pesquisa Oceanografia Costeira e Geologia Marinha, do mesmo Programa.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

Estudar a distribuição e proveniência de associações de minerais pesados em amostras de sedimentos coletadas ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu, planície costeira e praias adjacentes, correlacionando com as espécies já mapeadas na plataforma continental interna de Santa Catarina.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

**a)** Realizar o mapeamento geológico do Quaternário costeiro na escala 1:25.000 da planície costeira inserida nas folhas Gaspar (IBGE, 1981) e Itajaí (IBGE, 1991).

**b)** Identificar as espécies de minerais pesados ocorrentes nos sedimentos na área estudada;

**c)** Estimar a abundância relativa destes minerais pesados;

**d)** Caracterizar a distribuição espacial de associações de minerais pesados, ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu e planície costeira, voltada aos estudos de proveniência;

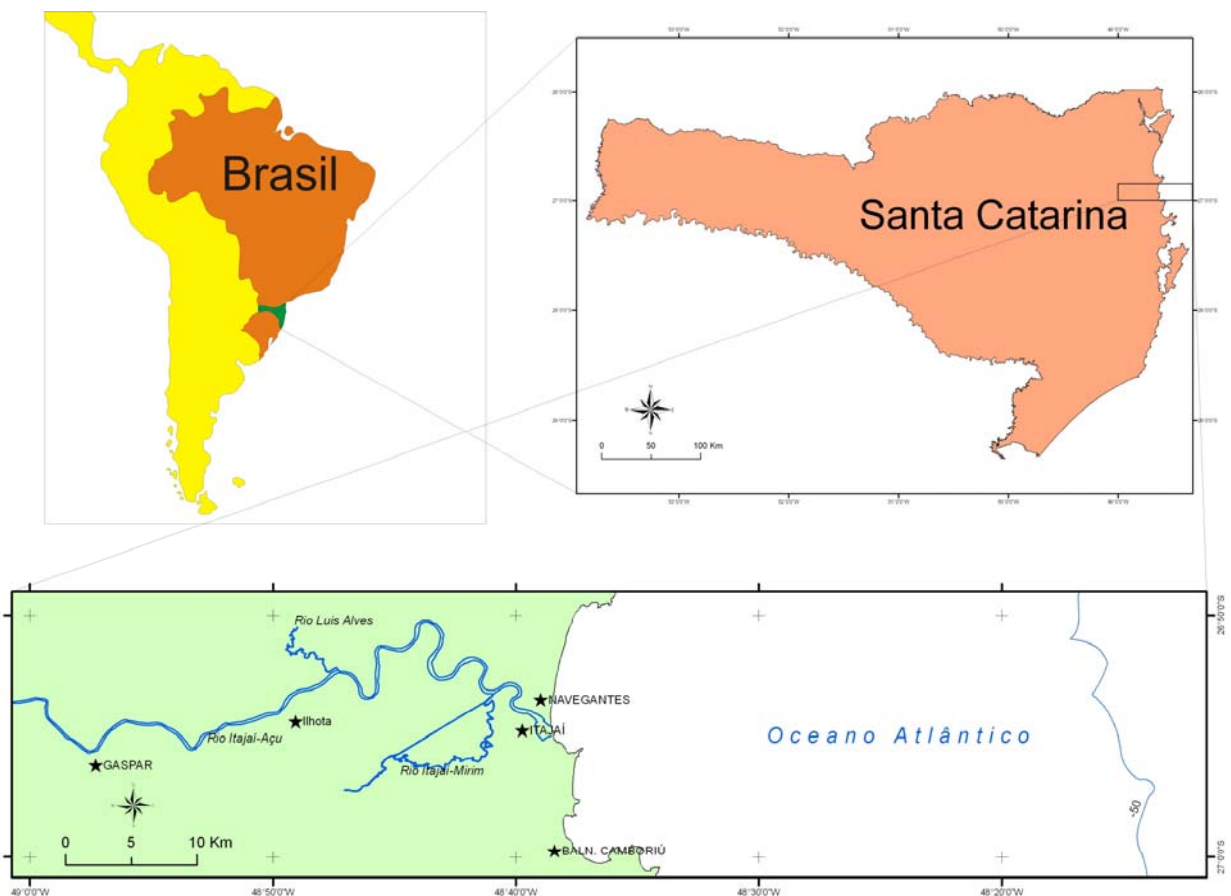
**e)** Relacionar a ocorrência dos minerais pesados da área amostrada com as espécies já mapeadas na plataforma continental de Santa Catarina adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, juntamente com as suas rochas fontes continentais.

## 4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO E ENTORNO

São apresentadas a seguir informações gerais do meio físico pertinentes à área de estudo e entorno, priorizando os aspectos geográficos, climáticos, geológicos, geomorfológicos, oceanográficos e hidrográficos.

### 4.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

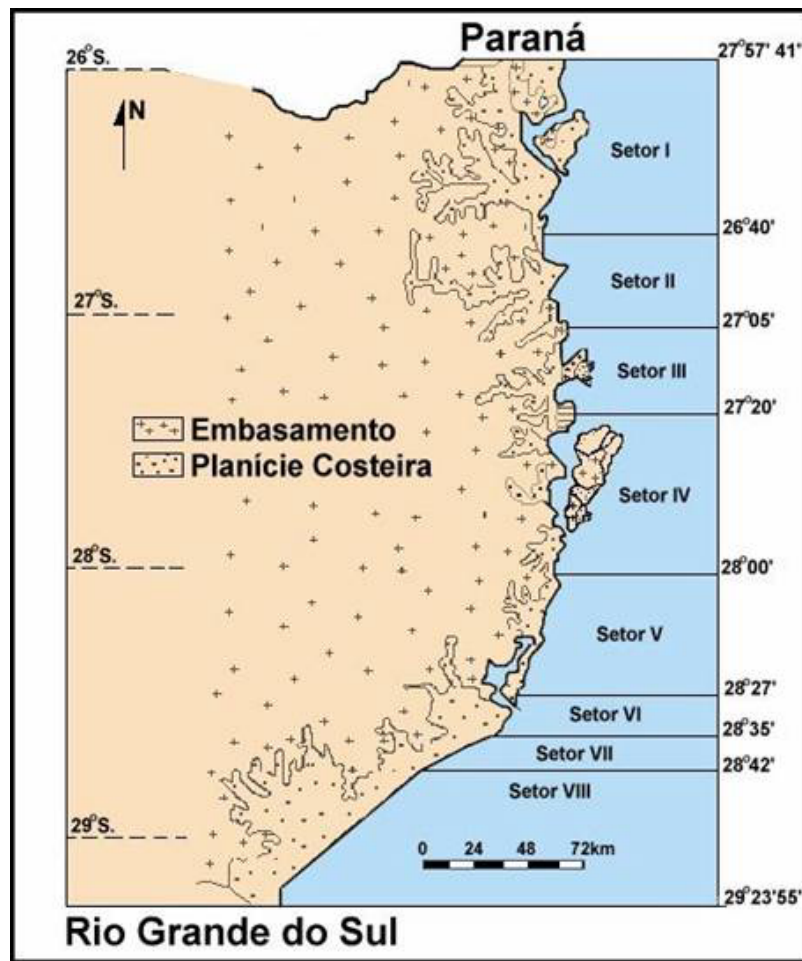
A área de estudo localiza-se entre as coordenadas geográficas de 26°50' e 27°00' de latitude sul e 48°15' e 49°00' de longitude oeste, ao longo do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu e planície costeira adjacente, contida entre as folhas Itajaí (IBGE, 1991) e Gaspar (IBGE, 1981), e a plataforma continental interna, até a isóbata de 50 m (Fig. 1).



**FIGURA 1 – Localização da área de estudo no litoral Nordeste do Estado de Santa Catarina.**

Fonte: Diehl & Horn Filho (1996)

A área de estudo está situada no litoral Nordeste (setor II), segundo Horn Filho & Diehl (1995) e Diehl & Horn Filho (1996). Estes segmentaram o litoral do Estado de Santa Catarina em oito compartimentos ou setores, diferenciados em base às características das feições geomorfológicas, em relação aos tipos litológicos do embasamento cristalino e principalmente relacionado com a sedimentologia dos depósitos das planícies costeiras e praias (Fig. 2).



**FIGURA 2 – Compartimentação do litoral de Santa Catarina**

Fonte: Diehl & Horn Filho (1996)

A área total estudada é de aproximadamente 1.596 km<sup>2</sup>, compreendendo as porções terrestre e marinha. A porção terrestre, que inclui o sistema fluvial, corresponde a aproximadamente 760 km<sup>2</sup>, sendo os rios Itajaí-Açu, Itajaí-Mirim e Luis Alves os mais expressivos da área. A porção marinha, adjacente ao oceano Atlântico sul, corresponde a aproximadamente 836 km<sup>2</sup>. As folhas mapeadas respectivas têm como limites geográficos ao norte, as folhas de Barra Velha e Luis Alves; a oeste, a folha de Blumenau e a sul, as folhas de Brusque e Tijucas.

Itajaí representa o principal município da região, cujos limites geográficos são ao sul, os municípios de Balneário Camboriú, Camboriú e Brusque; a norte, o município de Navegantes; a oeste, os municípios de Ilhota e Gaspar e, a leste, o oceano Atlântico. O principal acesso rodoviário à área de estudo se dá através da rodovia federal BR 101, que atravessa a área em aproximadamente 23 km de extensão. Pequenas vias geralmente não pavimentadas também servem de acesso secundário, permitindo o deslocamento nas regiões mais longínquas.

A linha de costa da área de estudo estende-se na direção N-S por cerca de 21 km, sendo as principais praias denominadas de sul para norte: Balneário Camboriú, Amores, Brava, Cabeçudas, Atalaia e Navegantes. A extensão do rio Itajaí-Açu, na área de estudo, corresponde a aproximadamente 53 km. A plataforma continental possui uma extensão de aproximadamente 44 km, onde a isóbata de 50 m se estende na direção N-S em aproximadamente 24 km.

## **4.2 CLIMA E DINÂMICA COSTEIRA**

O sul do Brasil, sujeito à passagem das massas de ar polar, é uma região onde se observam constantes e bruscas mudanças de tempo, com maior influência na variabilidade pluviométrica do que na variabilidade térmica.

A precipitação está bem distribuída por todo o ano no território catarinense, apresentando na sua quase totalidade deficiências hídricas nulas e bons índices de excedentes hídricos. Quanto à temperatura, evidenciam-se as características subtropicais; os valores médios anuais definem a mesotermia, apresentando valores que variam de 21,8°C em Itajaí, no litoral, a 13°C em São Joaquim, no planalto serrano (GAPLAN, 1986).

De acordo com a classificação climática de Köppen (1948, *apud* CARUSO JR. *et al.*, 1998), o clima na área de estudo é do tipo “mesotérmico úmido, com verão quente (Cfa)”. Na região do Vale do Itajaí, a temperatura média anual é de 20,4°C, a umidade relativa média é de 84% e a precipitação média anual é de 1.570 mm.

A dinâmica costeira é a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas e pelos processos erosivos e deposicionais que as mantém em constante alteração (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

Dentre os principais fatores relacionados à dinâmica costeira, destaca-se o papel dos ventos, das ondas por eles geradas e das correntes litorâneas. Estas se

desenvolvem quando as ondas atingem à linha de costa, atuando ininterruptamente sobre os materiais que aí se encontram, erodindo, transportando e depositando sedimentos. A estes processos somam-se os efeitos das marés e as ressacas produzidas pelas tempestades.

Segundo Castro Filho & Miranda (1998), a plataforma continental interna na margem continental situada no Embaíamento de São Paulo (reentrância da costa que vai de cabo Frio até o cabo de Santa Marta) é ocupada principalmente por águas costeiras, as quais tendem a ser verticalmente homogêneas em termos de temperatura e salinidade devido à ação dos ventos e das marés.

Como resposta das massas d'água à ação de diferentes agentes tais como: ventos, marés, gradientes de densidade e a interação com o oceano profundo, de acordo com Castro Filho (1990), são geradas as correntes que fluem sobre a plataforma continental e as oscilações do nível do mar na costa.

A variação de maré na região foi estudada por Truccolo (1998) a partir de um marégrafo instalado na ilha de São Francisco do sul (SC), situada ao norte da área de estudo. A autora observou valores médios de amplitude de maré em torno de 117,19 cm, com máximo de 277,4 cm e mínimo de 26,2 cm medidos nos meses de julho e agosto, respectivamente.

O regime de ventos e massas de ar nas regiões Sul e Sudeste do Brasil estão conectados às altas pressões polares e tropicais, representados pelo Anticiclone Semifixo Tropical do Atlântico Sul e o Anticiclone Migratório Polar (NOBRE *et al.*, 1986). De acordo com o autor, as perturbações no campo de ventos, devido principalmente aos sistemas meteorológicos frontais, também são responsáveis por variações do nível médio do mar na costa, sendo mais freqüentes os ventos provenientes do quadrante nordeste no verão.

Segundo Davies (1964), a partir de uma classificação global de energia de ondas, o litoral Nordeste catarinense representa uma costa dominada por ondulações provenientes de leste.

De acordo com dados obtidos de um ondógrafo direcional fundeado a 18 m de profundidade ao largo da ilha de São Francisco do Sul (SC), Alves (1996) determinou um clima de ondas do verão e outono para a região costeira do litoral norte de Santa Catarina. O estudo apontou a predominância de ondas provindas de leste-sudeste, com alturas significativas de 0,3 a 1,5 m e período de pico de 5 a 10

segundos. As maiores alturas significativas foram apresentadas por ondas de direção sudeste, de 0,5 a 2,5 m e com período de pico de 8 a 15 segundos.

#### 4.2.1 Variações relativas do nível do mar

Segundo Curray (1964), o conceito de transgressões e regressões marinhas sobre regiões continentais é considerado como fundamental na geologia, pois muitos depósitos costeiros estão constituídos por sedimentos de características marinhas. Martins (1987) afirmou que *“os sedimentos quaternários da plataforma continental brasileira tiveram como parâmetros governantes as variações eustáticas do nível do mar, o aporte de sedimentos terrígenos, a atividade organógena e a dinâmica pretérita e atual, resultantes das mudanças no nível dos oceanos”*.

As migrações da linha de costa numa mesma seção são de considerável importância na compreensão da paleogeografia, das fontes sedimentares e dos mecanismos de deposição, não somente da linha da costa, como também da plataforma continental adjacente (MUEHE, 1994).

Suguio *et al.* (1985) apresentaram uma detalhada discussão sobre as flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior (7 kA AP), ao longo do litoral brasileiro e comentaram suas implicações na sedimentação costeira. Os autores concluíram que a maior parte do litoral brasileiro esteve submersa até cerca de 5 kA AP, após o que foi submetido a um processo de emersão que dura até os nossos dias, ocasionando um rebaixamento médio de 5 m no nível relativo do mar. Esta fase regressiva é responsável pelo desenvolvimento da maior parte das planícies costeiras holocênicas que ocorrem ao longo de toda margem continental brasileira. Deste modo, foi possível estabelecer que, na região de Itajaí, a cerca de 5,6 kA AP, o nível relativo do mar estava em elevação e situava-se cerca de 1 m acima do atual, passando a seguir por um máximo situado 3 a 4 m acima do atual. Pode-se pensar que este máximo, como nos outros setores, descritos por Suguio *et al.* (1985), tenham ocorrido há cerca de 5,1 kA AP.

Algumas outras evidências comprovam estas oscilações eustáticas positivas e negativas ao longo do litoral de Santa Catarina, entre as quais podemos citar: as planícies de *“chennier”* em Tijucas, (CARUSO JR. & ARAÚJO, 1997); erosão marinha sobre rochas e depósitos costeiros do embasamento originando falésias e grutas (ALMEIDA, 1953); registros de 3,5 kHz que revelam a ocorrência de

paleodrenagem na plataforma continental entre Santos e Santa Catarina (VICALVI *et al.*, 1977); e níveis topo-batimétricos correlacionados à diferentes períodos de estabilização do nível do mar (CORRÊA, 1979; CORRÊA *et al.*, 1996).

As feições relacionadas acima representam fortes indícios das variações do nível relativo do mar a que esteve submetido este setor da margem continental brasileira. Segundo os conceitos de Brunn (1962), os padrões de circulação e os processos sedimentares, principalmente no que diz respeito ao balanço de sedimentos entre a região costeira e a plataforma continental, condicionaram as litofácies presentes na área de estudo.

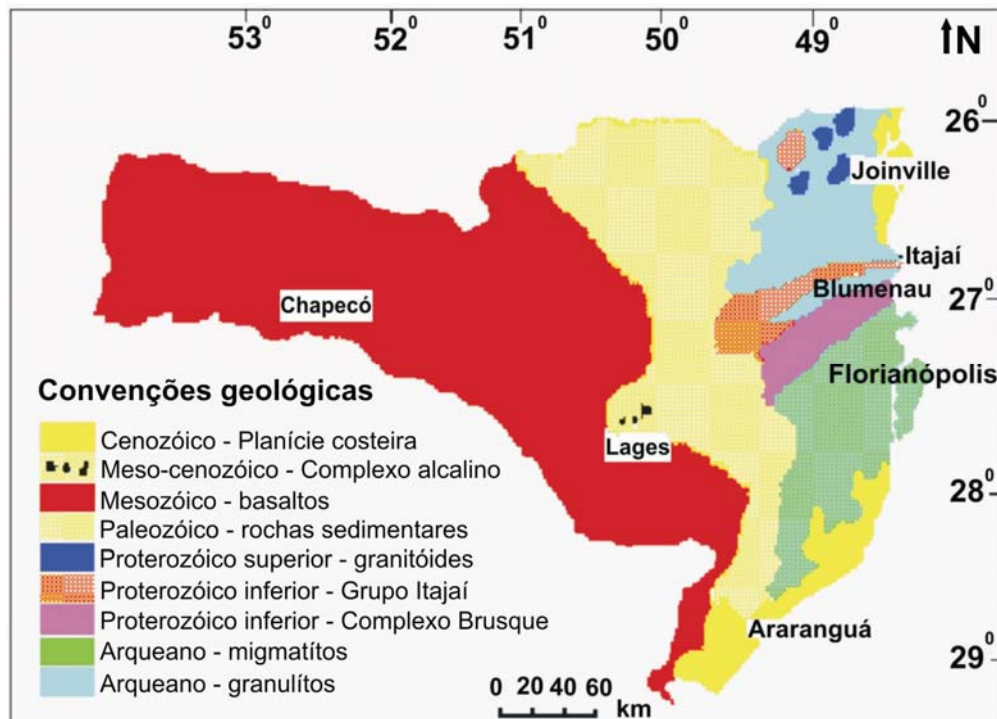
### 4.3 GEOLOGIA

Santa Catarina é o menor dos três estados que compõem a região Sul do Brasil, com uma área de 95.318,30 km<sup>2</sup>, e uma costa de 538 km de comprimento. Seu relevo é bastante montanhoso, no qual se destacam três grandes unidades morfoestruturais (SCHEIBE, 1986): um conjunto de serras de orientação aproximadamente SW-NE, conhecidas como serras do Leste Catarinense, o Planalto Central e a Bacia do Paraná no oeste catarinense. Como consequência deste fato, as planícies costeiras, as praias e a plataforma continental adjacente, se constituem nos ambientes deposicionais dos sedimentos provenientes destas regiões elevadas, alimentadas pelas redes de drenagem.

A conformação geológica do território catarinense origina-se de uma superposição de eventos geotectônicos dos quais os mais antigos remontam ao Arqueano, resultando numa complexa sucessão de modelados e compartimentos morfológicos. Formaram-se durante estes eventos: *“rochas magmáticas e metamórficas; rochas sedimentares gondwânicas e derrames de lavas ácidas, intermediárias e básicas da Formação Serra Geral”* (SCHEIBE, 1986), além dos sedimentos cenozóicos do litoral e das planícies costeiras (Fig. 3).

O Estado de Santa Catarina é formado, geologicamente, pelo Escudo Catarinense (granulitos e migmatitos do Arqueano; rochas sedimentares e metamórficas do Proterozóico inferior e granitóides do Proterozóico superior), pela Bacia do Paraná (rochas sedimentares do Paleozóico), pelo Planalto da Serra Geral (basaltos do Mesozóico), pelo Complexo Alcalino (rochas magmáticas alcalinas do Meso-cenozóico) e pela Planície Costeira (sedimentos do Cenozóico).





**FIGURA 3 – Mapa geológico do Estado de Santa Catarina, destacando as unidades cronogeológicas e estratigráficas.**

Fonte: modificado de Scheibe (1986) e Abreu (1998)

#### 4.3.1 Escudo Catarinense

O Escudo Catarinense é constituído por cinco grandes unidades geotectônicas (SCHEIBE, 1986): Complexo Granulítico; Complexo Migmatítico; Complexo Brusque; Granitóides e Grupo Itajaí.

O Complexo Granulítico de Santa Catarina é uma unidade geotectônica que aflora no nordeste do Estado, constituída por rochas metamórficas de alto grau, da fácies anfibolito e em especial granulito, com idades arqueanas, dos ciclos geotectônicos Transamazônico e Brasiliano. Os tipos litológicos predominantes são gnaisses quartzo-feldspáticos com teor relativamente baixo em minerais máficos (que inclui o hiperstênio como definidor da fácies granulito), milonitos gnaisses granulíticos, gnaisses blastomiloníticos, corpos ultramáficos lenticulares, gnaisses calciossilicatados, kinzikitos e anortositos, quartzitos, formações ferríferas, podendo ocorrer também micaxistos e calcários. Segundo Santos *et al.* (1984), as litologias do complexo são foliadas e isótropas, com direção de foliação orientada para NW e NE. O complexo é definido por Kaul (1980) como Complexo Granulítico Luís Alves ou cráton de Luís Alves.

O Complexo Migmatítico se restringe às rochas cristalinas do segmento meridional do Escudo Catarinense, de idade brasileira (SCHEIBE, 1986). As litologias características são diatexistos (migmatitos), metatexistos, gnaisses, granitóides porfiríticos e expressivos corpos de dioritos.

O Complexo Brusque se apresenta como um cinturão alongado de direção NE-SW, do Proterozóico inferior, compreendendo terrenos de baixo grau metamórfico (filitos, filitos grafitosos, micaxistos, quartzitos e calcários) (SCHEIBE, 1986). Pode ser caracterizado também como uma seqüência metavulcano sedimentar com predominância de terrenos sedimentares pelíticos (micaxistos), sedimentos clásticos (metarenitos, quartzitos, metagrauvacas) e químicos (metacalcários dolomíticos, metacherts e formações ferríferas bandadas).

Os Granitóides são formados por corpos graníticos, do Proterozóico superior – Paleozóico inferior, subdivididos em três grupos (SCHEIBE, 1986): *Corpos Granitóides Sintectônicos* (granitos, granodioritos, quartzo monzonitos e quartzo dioritos – Granitóide Valsungana e Suíte Intrusiva Pedras Grandes); *Suíte Granítica Pós-Tectônica* (corpos graníticos intrusivos tardi e pós-tectônicos, leucocráticos, homogêneos e isótopos, de composição variando de granítica a quartzo-monzonítica – Suíte Intrusiva Guabiruba); *Suíte Granítica Anorogênica* (sienitos alcalinos a subalcalinos e alaskíticos – Granito Subida e Granito Corupá).

O Grupo Itajaí é composto por rochas sedimentares do Proterozóico inferior, divididas em duas formações: *Formação Gaspar* (arenitos lito-feldspáticos médios a grossos, ortoconglomerados petromíticos em matriz arenítica lito-feldspática) e *Formação Campo Alegre* (rochas efusivas básicas e intermediárias, sedimentares epivulcanoclásticas; arenitos finos e pelitos com intercalações de tufos e derrames básicos e intermediários; rochas vulcânicas e piroclásticas ácidas, com raras intercalações de folhelhos e siltitos) (SCHEIBE, 1986).

#### **4.3.2 Bacia do Paraná**

Destacam-se na região central do Estado as rochas sedimentares gondwânicas da Bacia do Paraná, que é drenada em parte pelos rios da bacia do rio Itajaí-Açu. Estas ocupam uma estreita faixa de direção aproximadamente N-S, com cerca de 100 km de largura, entre o Estado do Paraná e a cidade de Lages, e daí para o sul, com apenas 10 a 40 km de largura, desaparecendo sob os sedimentos

mais recentes e o oceano Atlântico, próximo a Torres, Rio Grande do Sul (SCHEIBE, 1986).

A Bacia do Paraná é constituída pelas formações Campo do Tenente, Mafra, Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Terezinha, Rio do Rasto, Serra Geral e Botucatu.

#### **4.3.3 Planalto da Serra Geral**

Cobrindo a região meio-oeste e oeste do Estado, as rochas do Planalto da Serra Geral são compostas por rochas basálticas e riolíticas, de idade juro-cretácica (PELUSO JR., 1986), formadas por vulcanismo básico e ácido, com intensa atividade tectônica, evidenciada pela presença de fraturamentos e falhamentos. Segundo Scheibe (1986) e Santos *et al.* (1984), os derrames basálticos atingem espessuras entre 50 e 200 m, apresentando um zoneamento evidenciado pelas diferentes condições de resfriamento do magma.

Além dos derrames, são observados os diques e sills de diabásio intrudindo praticamente todas as rochas mais antigas, nas regiões que contornam as áreas de ocorrência dos basaltos.

#### **4.3.4 Complexo Alcalino**

As ocorrências de rochas magmáticas alcalinas em Santa Catarina são conhecidas como complexos alcalinos de Anitápolis (granitóides, sienitos com quartzo e feldspato alcalino, piroxenitos) e de Lages (rochas alcalinas, ultrabásicas alcalinas, sienitos, brechas de chaminés com caráter kimberlítico), situados numa região restrita no meio-oeste do Estado (SCHEIBE, 1986). Também é conhecida a ocorrência do complexo alcalino de Quarenta, uma pequena chaminé de caráter fonolítico encaixada em rochas metassedimentares da Formação Botuverá (Complexo metamórfico Brusque).

#### **4.3.5 Província costeira**

A província costeira do litoral centro-norte catarinense é constituída por duas subprovíncias geológicas fundamentais: o Embasamento Cristalino e a bacia de

Santos. Esta bacia pode ser subdividida em três províncias fisiográficas, constituídas por depósitos cenozóicos: planície costeira, sistema praial e plataforma continental. O segmento superficial aflorante desta bacia representa a planície costeira e o segmento submerso é representado pela plataforma continental. O sistema praial pode ser considerado como uma zona de interface entre estes dois segmentos.

#### 4.3.5.1 Planície costeira

Segundo GAPLAN (1986), as planícies costeiras de Santa Catarina ocupam uma área de 4.212 km<sup>2</sup>, correspondendo a 4,39% da superfície do Estado com larguras variáveis condicionadas à presença do embasamento próximo à linha de costa. As maiores extensões são registradas ao norte do Estado, e ao sul do cabo de Santa Marta (DIEHL & HORN FILHO, 1996).

Segundo SANTA CATARINA (1991), as altitudes médias registradas situam-se em torno de 10 m, atingindo até 30 m em alguns pontos mais afastados do mar, junto às serras e montanhas. O contato entre as planícies costeiras e estes relevos elevados ocasiona contrastes altimétricos acentuados.

A planície costeira do Estado de Santa Catarina, segundo Horn Filho & Diehl (1994), apresenta duas unidades geológicas maiores: (1) o embasamento, que compreende os tipos litológicos das províncias geológicas do Escudo Catarinense e da Bacia do Paraná; e (2) os depósitos continentais e transicionais dos sistemas deposicionais de encosta e litorâneo, respectivamente, de idade predominantemente quaternária e que foram originados a partir dos processos resultantes das mudanças relativas do nível médio do Atlântico sul durante o Cenozóico, associado às flutuações paleoclimáticas e eventos tectônicos.

Diversos mapeamentos geológicos atuais executados ao longo da planície costeira do Estado têm adotado esta subdivisão, dentre os quais se destacam na área de estudo e entorno os realizados por Martin *et al.* (1988), Diehl *et al.* (1995), Diehl *et al.* (1996), Horn Filho *et al.* (1996), Horn Filho *et al.* (1997), Caruso Jr. & Araújo (1999), Amin Jr. (1999) e Meireles (2002).

O embasamento aflora praticamente em toda área de estudo, aparecendo nos entornos do rio Itajaí-Açu e nos arredores de Gaspar. Geomorfologicamente está enquadrado no domínio das Serras Cristalinas Litorâneas (MONTEIRO, 1958), predominando as serras de Itajaí, ao norte, e do Tabuleiro, ao sul, com altitudes

acima de 20 m e formas mamelonares do modelado granítico. Em todo Cenozóico, as rochas expostas do embasamento sofreram ações intempéricas, vindo a constituir importante fonte de sedimentos clásticos terrígenos, os quais, por influências climáticas, formaram consideráveis depósitos continentais.

Na área de estudo, o sistema deposicional continental de encosta engloba os depósitos coluvial, de leque aluvial e fluvial, acumulados indiferenciadamente durante todo o Quaternário. Restringem-se ao sopé das elevações do embasamento cristalino, em altitudes maiores que 20 m, para os colúvios; entre 15 e 20 m, para os leques aluviais e, entre 2 e 15 m, para os depósitos aluviais.

Os colúvios e os leques aluviais adjacentes, localizados nas porções distais das elevações rochosas, consistem de depósitos mal selecionados, compreendendo proporções variadas de cascalhos e sedimentos siltico-argilosos. Morfologicamente os colúvios apresentam-se como rampas coluviais e tálus, enquanto que os leques, na forma de cones, gradam para planícies aluviais.

Os aluviões estão confinados aos cursos fluviais dos rios da área de estudo, compreendendo depósitos de canal, depósitos de dique marginal e depósitos de planície de inundação. São caracterizados por sedimentos arenosos, de granulometria média a grossa, além da presença de cascalhos e argilas. Destacam-se no contexto da região os depósitos aluviais dos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim.

O sistema deposicional litorâneo abrange os depósitos de idade pleistocênica e holocênica. O primeiro é composto pelos depósitos marinho praial intermarés recoberto parcial ou totalmente por sedimentos eólicos e, lagunar adjacente, do sistema laguna barreira III, proposto para o Rio Grande do Sul por Villwock & Tomazelli (1995). Ambos os depósitos são constituídos de areias finas a médias, bem selecionadas e de cores ocre a castanho claro. As areias eólicas sobrejacentes são finas e de cores avermelhada, amarelada e amarronzada. Apresentam-se como terraços de superfície plana e levemente ondulada, cujas altitudes atingem valores máximos de 12-17 m e 10-12 m, respectivamente. Estes depósitos são bem observados no sistema praial Brava / Amores, onde se encontram em contato com as rochas do embasamento, com os depósitos continentais e com os depósitos holocênicos adjacentes.

Os depósitos holocênicos estão inseridos no sistema deposicional laguna-barreira IV (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995), (depósitos marinho praial e lagunar) e

no sistema deposicional fluvial (depósitos de canal, de barra de meandro e de planície de inundação).

Os depósitos marinhos consistem de areias finas, médias a grossas, selecionadas, maduras e quartzosas. Estes depósitos afloram principalmente na região de Navegantes, atingindo comprimentos e largura máximos de 10 e 6 km, respectivamente.

O depósito lagunar, na forma de terraços de até 4-5 m de altitude, aparecem nos entornos das lagoas e lagunas, consistindo de sedimentos siltico a areno-argilosos, enriquecidos geralmente com matéria orgânica. Estes depósitos são formados a partir de processos de inundação e erosão em depressões durante níveis marinhos holocênicos mais altos, quando a extensão lagunar atingia áreas maiores do que as atuais.

Os depósitos fluviais de canal são formados nos cursos superiores dos rios por sedimentos mais grossos (areias e seixos) e nos cursos inferiores, predominam sedimentos arenosos e siltico-argilosos, provenientes da carga de suspensão dos rios nos períodos de enchente. Os depósitos de barra de meandros aparecem mais confinados aos bancos convexos dos canais ativos e abandonados, derivando do transporte de material arenoso por saltação e mais grosso por tração. São compostos por sedimentos arenosos de granulometria fina a muito fina, podendo conter camadas argilo-siltosas no topo destes depósitos. Os depósitos de planície de inundação, com superfícies planas a levemente inclinadas, são constituídos de sedimentos areno siltico-argilosos, de coloração cinza-escuro e geralmente enriquecido em matéria orgânica.

#### 4.3.5.2 Sistema praial

O sistema praial do litoral catarinense é extremamente diversificado no que diz respeito às características geomorfológicas, sedimentológicas e morfodinâmicas. De acordo com Horn Filho (1997), o principal fator condicionante deste quadro em geral é a presença de rochas cristalinas do Escudo Catarinense junto à linha de costa atual, subordinado à interferência dos fatores climáticos, dos ventos dominantes e da dinâmica costeira que atua através da ação das ondas, das marés e das correntes litorâneas.

Na área de estudo, segundo Meireles (2002), o depósito marinho praiar, de idade holocênica, encontra-se formando praias arenosas oceânicas de varias formas e tamanhos, sendo influenciadas principalmente pelo tamanho de grão. Estes tamanhos são variáveis nestes depósitos, sendo predominantemente composto por areia fina a muito fina, principalmente nos depósitos sobre cordões arenosos mais extensos. Por outro lado, as praias arenosas relativamente estreitas, confinadas entre o oceano e as rochas do embasamento, tendem a apresentar granulometria de areia média a grossa. Este fato deve ser relacionado com a energia e intensidade das ondas e a morfologia dos locais.

A área de estudo é caracterizada pela presença de seis principais praias arenosas conforme apresentado no Quadro 1:

QUADRO 1 – Praias oceânicas do litoral da área de estudo.

<b>Praia</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Orientação</b>	<b>Estágio morfodinâmico</b>	<b>Perfil</b>
Navegantes	10.030	N-S	Dissipativa	Linear
Atalaia	630	N-S	Dissipativa	Côncava
Cabeçudas	720	NW-SE	Dissipativa	Côncava
Brava	2.645	N-S	Intermediária	Linear
Amores	335	N-S	Intermediária	Linear
Balneário Camboriú	5.838	NW-SE	Dissipativa	Côncava

Fonte: Menezes, 1999; Berribilli, 2003.

A praia de Navegantes está localizada no município homônimo, limitada ao sul pelos molhes de estabilização do rio Itajaí-Açu e a norte pela ponta da Enseada (praia do Gravatá). Apresenta-se orientada na direção N-S, estando exposta às ondulações provenientes do sul e quadrante sudeste. A praia apresenta 10.030 m de comprimento e largura média de 28 m, com uma zona de surfe média de 83 m de largura e a presença de bancos submersos. Sua declividade média varia entre 2,5° e 3,5°, com ondas do tipo deslizante e mergulhante, com altura média de 0,85 m e período de 9 s. Salienta-se ainda a presença de correntes de retorno nos setores sul e norte da praia. A face praiar possui na porção centro-sul, características morfológicas como cúspides de 20 m e megacúspides de 200 a 300 m de extensão. Ao longo da praia são observadas a presença de escarpas nas dunas frontais e a ausência de bermas. Apresenta um estágio morfodinâmico modal dissipativo (MENEZES, 1999) (Fig. 4) e sedimentologicamente, é composta por areia fina, com

granulometria média aumentando de 0,15 mm no extremo norte para 0,19 mm na parte central da praia.



**FIGURA 4 – Vista para sul da praia de Navegantes no setor norte da área de estudo.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

A praia do Atalaia (Fig. 5), no município de Itajaí, apresenta uma extensão de 630 m e uma largura média de 66 m. Com orientação norte-sul, a praia está relativamente protegida da ação de ondas do sul e norte, estando exposta a ação de ondas provenientes do leste. A face da praia apresenta declividade média de 3°, composta por areia fina e tamanho médio do grão de 0,15 mm (BERRIBILLI, 2003).

A praia de Cabeçadas (Fig. 6), no município de Itajaí, apresenta extensão de 720 m e largura média de 60 m. Está orientada na direção noroeste-sudeste, protegida das ondulações provenientes do sul. Sedimentologicamente é composta por areia fina, com tamanho médio de grão de 0,125 mm.





**FIGURA 5 – Vista para sul da praia do Atalaia no setor leste da área de estudo.**  
Fonte: Carlos Frederico Schmidt (2006)



**FIGURA 6 – Vista para sul da praia de Cabeçadas no setor leste da área de estudo.**  
Fonte: Carlos Frederico Schmidt (2006)

A praia Brava, no município de Itajaí, possui extensão de 2.645 m, largura média de 34 m e está orientada na direção N-S, estando totalmente exposta às ondulações provenientes do quadrante sudeste. Apresenta estágio morfodinâmico intermediário (Fig. 7), declividade média entre  $4,5^\circ$  a  $6,5^\circ$ , com características dissipativas no verão e reflectivas no inverno, altura de onda média de 0,5 m a 0,8 m, com período variando de 7 s a 8 s. Apresenta uma zona de surfe média de 68 m de largura, presença de bancos submersos intercalados, com cúspides de 20 m a 25 m e megacúspides de 160 m de extensão. A face da praia é composta por areia média com fração média em torno de 0,35 mm (MENEZES, 1999).

No trecho sul da praia Brava, no município de Balneário Camboriú, está localizada a praia dos Amores, com 335 m de extensão, possuindo características morfodinâmicas muito semelhantes com a praia Brava (Fig. 7). A face da praia é composta por areia média com fração média de 0,28 mm (MENEZES, 1999).



**FIGURA 7 – Vista aérea para sul do sistema praial Brava - Amores.**

Fonte: João Thadeu de Menezes (1999)

A praia de Balneário Camboriú (Fig. 8), localizada no município homônimo, possui 5.838 m de extensão, largura média de 17 m e está orientada na direção NW-SE, estando sua porção centro-norte exposta às ondulações provenientes do quadrante sudeste e sua porção sul, uma região mais protegida. É uma enseada na

forma de arco limitada por dois promontórios, ao norte a ponta da Preguiça e ao sul a ponta das Laranjeiras. Apresenta uma zona de surfe de 5 m a 110 m de largura, aumentando progressivamente do sul para o norte e ausência de bancos submersos ao longo da praia. A face da praia é composta por areia fina (0,16 mm) e declividade de  $0,85^\circ$  a  $2,8^\circ$ , apresentando características morfológicas como cúspides de 15 m a 20 m no setor centro-norte da praia e comportamento morfodinâmico dissipativo (MENEZES, 1999).



**FIGURA 8 – Vista aérea para sul da praia de Balneário Camboriú.**

Fonte: João Thadeu de Menezes (1999)

#### 4.3.5.3 Plataforma continental

A orientação geral do litoral brasileiro, de acordo com Zembruscki *et al.* (1972), é NE-SW, com exceção feita a duas regiões: entre cabo Frio (RJ) e ilha Grande (RJ), cuja orientação é E-W, e entre o cabo Santa Marta (SC) e a ilha de São Francisco do Sul (SC), com orientação N-S.

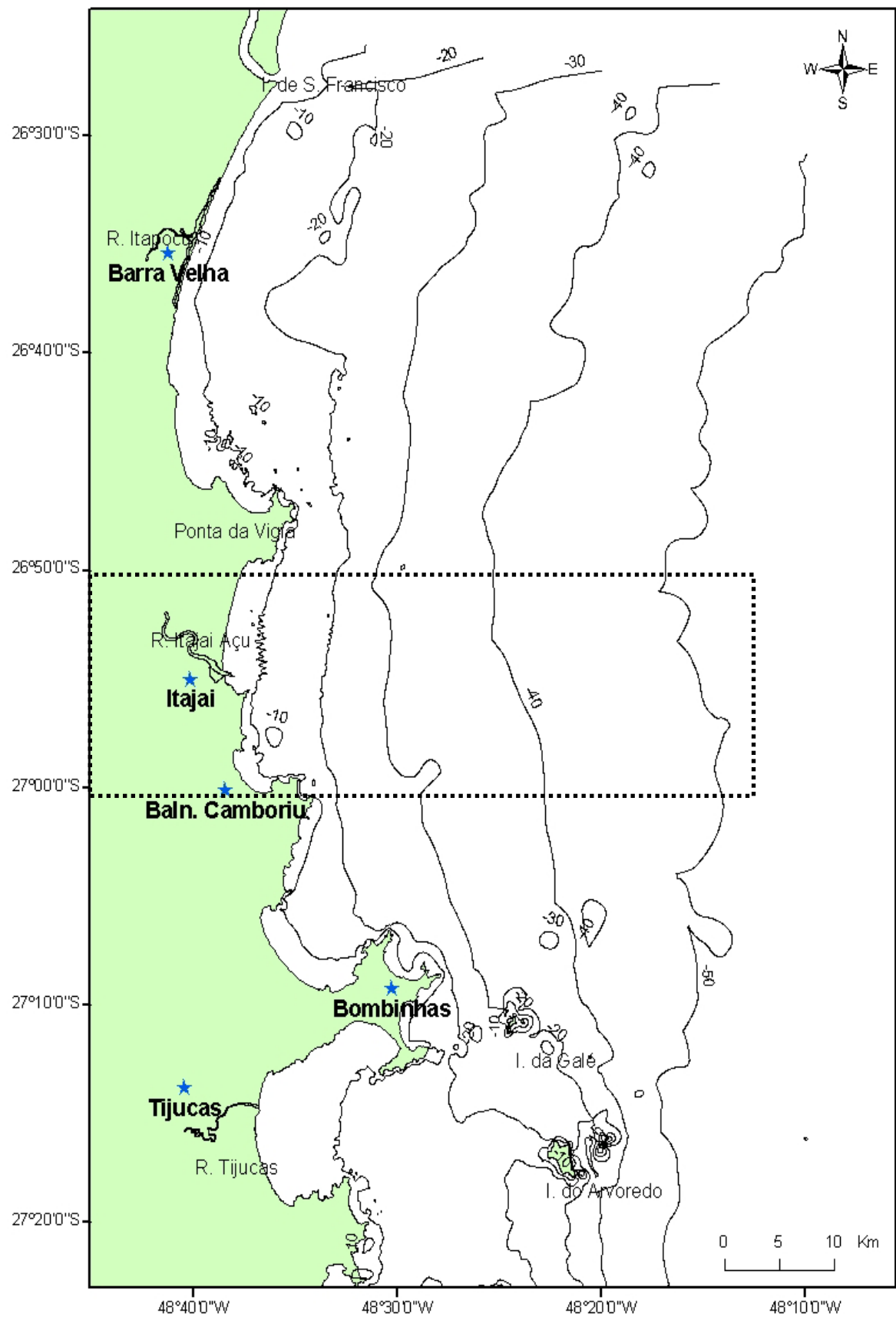
A plataforma continental catarinense, de acordo com Horn Filho (1997), encontra-se inserida no setor Sudeste-Sul da margem continental brasileira, que por sua vez se situa no setor Sudoeste do Atlântico sul, entre cabo Frio (RJ), ao norte e Chuí (RS) ao sul, segundo as latitudes sul de  $20^\circ$  e  $35^\circ$ .

O comprimento total da plataforma continental Sudeste-Sul brasileira é de aproximadamente 1.000 km (ABREU, 1998). A topografia da plataforma neste setor é suave, recortada por vales de pequena amplitude, com as isóbatas estendendo-se de modo geral, paralela ou sub-paralelamente à costa, segundo Zembruscki *et al.* (1972). A profundidade da quebra da plataforma varia de 120 m, ao largo de cabo Frio, e a 100 m em frente ao cabo Santa Marta. Segundo Abreu (1998) para Santa Catarina, em valores médios, a profundidade de quebra encontra-se na isolinha de 150 m apresentando uma transição suave da plataforma ( $0,08^\circ$ ) para um talude de gradiente pouco acentuado ( $1,0^\circ$ ).

A plataforma continental interna adjacente à região da área de estudo, até a isóbata de 50 m, apresenta profundidades média de cerca de 37 m.

De acordo com Abreu (1998), a morfologia da plataforma continental nos arredores da área de estudo, pode ser definida como heterogênea (Fig. 9). As isóbatas de 10 m, 15 m e 20 m apresentam um contorno irregular acompanhando o modelado da costa, bastante recortada no trecho estudado, exibindo costões que avançam para o mar, pequenas enseadas ou ainda grandes reentrâncias como, por exemplo, a baía de Tijucas.

De outra forma, as isolinhas de 25 m, 30 m, 35 m, 40 m, 45 m e 50 m mantêm certo paralelismo entre si apenas com algumas sinuosidades localizadas. Na porção norte da região, a distância entre as isóbatas é maior onde a isolinha de 50 m encontra-se bastante afastada da costa denotando, além da largura, também um menor gradiente da plataforma continental interna. Entretanto à medida que se estendem em direção sul, tendem a convergir em direção à ilha do Arvoredo, resultando num aumento do declive a partir dos 20 m de profundidade. As isóbatas de 20 m e 25 m acompanham a costa na maior parte da área e, próximo à ilha, afastam-se da costa circundando-a pela sua face leste. As isóbatas de 30 m, 35 m, 40 m, 45 m e 50 m aproximam-se entre si mostrando uma maior declividade nesta porção. Em determinados níveis de profundidades, a declividade da plataforma continental apresenta quebras de gradiente, notáveis especialmente entre 10 m e 20 m, 20 m e 25 m, 30 m e 35 m e entre 45 m e 50 m (ABREU, 1998).

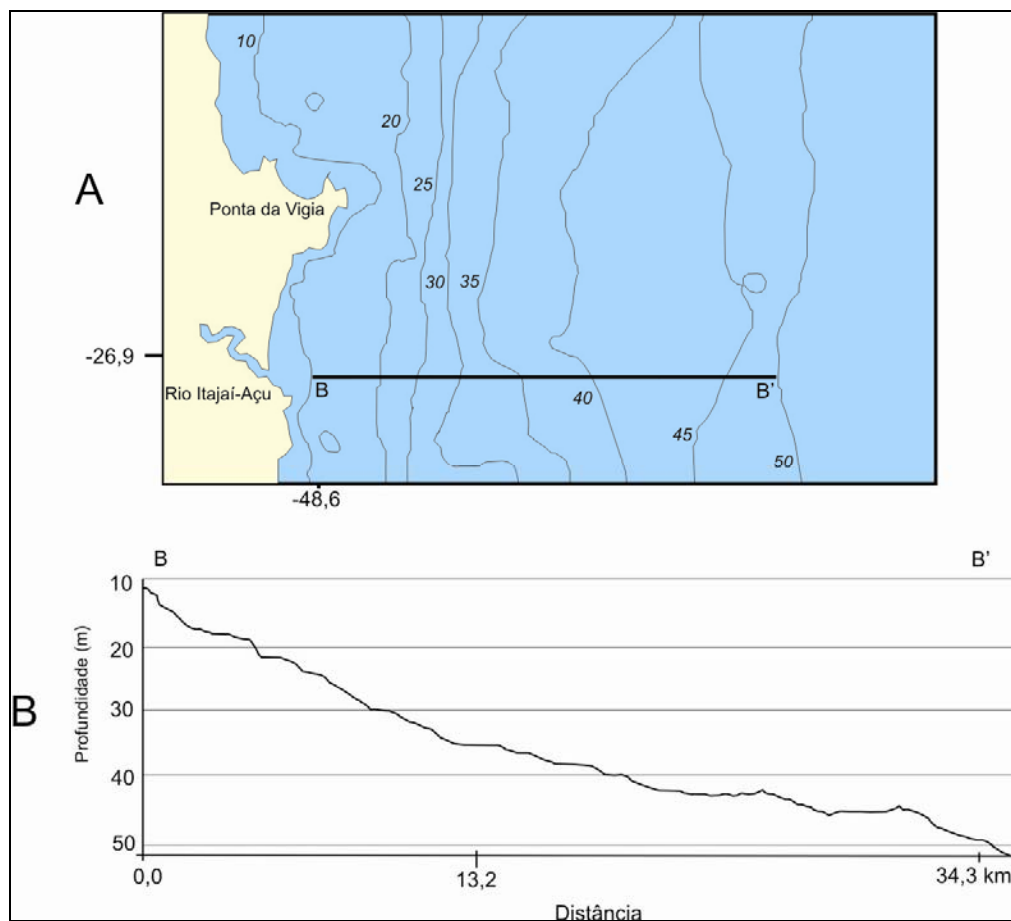


**FIGURA 9 – Mapa batimétrico da plataforma continental da área de estudo e entorno.**

Fonte: Modificado de Abreu (1998).

Segundo Abreu (1998), o estabelecimento de perfis transversais à linha de costa com o objetivo de determinar os gradientes típicos para a região e analisar as características superficiais da plataforma transversalmente às isóbatas, pôs em evidência uma característica morfológica superficial da plataforma continental interna nestes setores, onde pode ser observado uma relativa concavidade (Fig. 10).

A topografia da plataforma continental na área de estudo, de acordo com Abreu (1998), é caracterizada, de maneira geral, como monótona, sem acidentes notáveis de relevo. Este autor também observou que nas desembocaduras fluviais as linhas batimétricas de 10 m e 15 m afastam-se da costa devido à ação construtiva destes agentes, e que as isolinhas de 30 m e 40 m ao largo do rio Itajaí-Açu apresentam relativa sinuosidade. Estas inflexões apresentadas pelas isóbatas na direção da costa, podem estar associadas a possíveis canais soterrados ou abandonados (paleocanais) na plataforma continental atual devido a elevação do nível do mar após o período glacial.



**FIGURA 10 – Perfil batimétrico transversal à plataforma continental adjacente à foz do rio Itajaí-Açu. (A – Localização geográfica; B – perfil batimétrico).**

Fonte: Modificado de Abreu (1998).

Muitos autores têm desenvolvido pesquisas no setor Sul da margem continental brasileira, resultando em valiosas informações a respeito da sedimentologia e geomorfologia nos fundos submarinos da região, podendo ser citados os trabalhos de Martins *et al.* (1967), Martins & Ponzi (1980) e Martins & Corrêa (1996), que mapearam, preliminarmente, a distribuição faciológica desde o cabo Orange ao arroio Chuí. De maneira geral, a cobertura sedimentar da plataforma continental nesta região se caracteriza como uma zona de sedimentação terrígena moderna, progradando sobre uma superfície de areias relíquias quartzosas e biodetríticas.

Corrêa (1979, 1980) identificou paleolinhas de costa e caracterizou a distribuição dos sedimentos modernos na plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina. Neste trabalho, o autor definiu uma fácies predominantemente quartzosa, ocupando a plataforma continental interna desde Porto Belo (SC) até Caraguatatuba (SP), interrompida por uma fácies síltico-argilosa passando à areno-síltico-argilosa em alguns setores, notadamente em Itajaí (SC).

Em outro estudo sobre a sedimentologia da plataforma continental de Santa Catarina, Gré (1983), processando 51 amostras coletadas entre 20 e 200 m de profundidade, identificou 4 texturas sedimentares: fácies arenosa, lamosa, areno – síltico – argilosa e areia lamosa, distribuídas em faixas paralelas, contínuas ou descontínuas a linha de costa. Neste mesmo trabalho, Gré (1983) classificou a plataforma interna como sendo terrígena e a externa biodetrítica.

O Projeto REMAC-Águas Rasas realizou levantamentos na plataforma continental externa e no talude de Santa Catarina, e em 1979, observou que, na plataforma externa entre Rio Grande (RS) e o arroio Chuí (RS), desenvolve-se duas fácies arenosas, que podem ser diferenciada pela ocorrência de diferentes suítes de minerais pesados.

Mais recentemente, com relação à geologia, geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental interna de Santa Catarina, podem ser citados os trabalhos de Abreu (1998), Abreu & Grabowski Neto (2003) e Grabowski Neto (2004). Estes identificaram nos sedimentos superficiais das adjacências da área de estudo, três litofáceis sedimentares: I) fácies argilosa, presente nos extremos nordeste e sul da plataforma continental interna, partindo da desembocadura fluvial; II) fácies mista, presente ao largo da praia de Navegantes na forma estreita e alongada; e III) fácies arenosa, presente mais a leste adjacente à cidade de Navegantes. Foram



considerados pelos autores supra mencionado, as fácies sedimentares de plataforma continental interna abaixo da isóbata de 10 m.

#### **4.4 GEOMORFOLOGIA**

O território catarinense caracteriza-se por apresentar um altiplano levemente inclinado para oeste e uma área que se desenvolve da borda do planalto até o mar, conhecidos respectivamente, por Região do Planalto e Região do Litoral e Encostas (PELUSO JR., 1986).

A área a leste do altiplano inclui planaltos sedimentares e encostas que formam as serras litorâneas. Estas exibem, para o norte, a direção geral NE-SW, e para o sul, a direção geral NW-SE.

Rosa & Herrmann (1986) definiram para o litoral sete unidades geomorfológicas: (1) Patamares da Serra Geral; (2) Serra Geral; (3) Depressão da Zona Carbonífera Catarinense; (4) Serra do Mar; (5) Serras do Tabuleiro / Itajaí; (6) Planícies litorâneas e (7) Planície Colúvio Aluvionar.

A paisagem do litoral catarinense, segundo Horn Filho (1997), exhibe dois elementos contrastantes maiores ou domínios geomorfológicos: (1) as elevações das terras altas e (2) as terras baixas da planície costeira adjacente. As terras altas, constituídas de rochas de natureza granítica, desaparecem ao sul do cabo de Santa Marta, onde a partir deste promontório, os traços geomorfológicos da planície costeira do sul de Santa Catarina e de todo Rio Grande do Sul, tornam-se muito semelhantes, predominando a presença de extensas praias, dunas e lagunas costeiras.

##### **4.4.1 Terras altas**

As terras altas são constituídas predominantemente por modelados de dissecação, causados pela ação fluvial e pelo controle estrutural (HORN FILHO, 1997), sendo representadas por feições de relevo com altitudes superiores à 30 m. O modelado terrestre está intimamente relacionado com as rochas que o compõe, pois as rochas influem na forma, no tamanho e na evolução do relevo.

O escoamento da água é um dos fenômenos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, pois tem um papel de destaque como agente



modelador do relevo da superfície terrestre. O “relevo inicial” vai sendo dissecado pela erosão e conseqüentemente reduzindo a topografia, criando-se novas formas e superfícies. Com isso, a rede de drenagem vai evoluindo no terreno, adaptando-se ao relevo, e formando as bacias de drenagem. O escoamento superficial, na bacia do rio Itajaí-Açu, originou imensos fenômenos erosivos em razão das rochas serem constituídas de material sedimentar, originando os solos.

Para Almeida (1952, *apud* PELUSO JR., 1986) a rede de drenagem das regiões orientais de Santa Catarina ainda está em contínuo trabalho erosivo, que só se atenua, ou cede lugar à sedimentação, ao atingir as regiões costeiras.

No sentido de leste a oeste verifica-se no curso inferior do rio Itajaí-Açu, os sedimentos quaternários litorâneos, formados pelos sedimentos marinhos e continentais; no curso médio, o embasamento cristalino, constituído pelas unidades Complexo Granulítico de Santa Catarina, Complexo Tabuleiro, Complexo Metamórfico Brusque, Grupo Itajaí e Suíte Intrusiva Subida; e no curso superior, a sucessão de rochas sedimentares gondwânicas da Bacia do Paraná, constituídas pelas formações Campo do Tenente, Mafra, Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Terezinha, Rio do Rasto e Serra Geral (AUMOND & SCHEIBE, 1994; DNPM, 1986).

As formas de relevo no curso superior da bacia do rio Itajaí-Açu apresentam-se em degraus (patamares extensos), devido ao fato das rochas menos resistentes se desagregarem com a erosão dos rios. Os patamares assim constituídos integram a unidade geomorfológica Patamares do Alto Rio Itajaí, abrangendo dezenas de quilômetros de extensão (ROSA & HERRMANN, 1986). Os patamares com litologia mais resistente formam cuevas festonadas, com altitude variando de 800 a 1200 m. O alinhamento dessas cuevas formou as serras do Faxinal, do Mirador e da Boa Vista, que servem como divisores da bacia do rio Itajaí-Açu.

As formas do relevo no curso médio apresentam-se pela seqüência de serras que se dispõe predominantemente no sentido NE-SW, denominadas de unidade geomorfológica serras do Itajaí (ROSA & HERRMANN, 1986). Em função da heterogeneidade das rochas que compõe o médio Vale do Itajaí, o relevo apresenta-se com uma variedade de tipos de dissecção, encontrando restos de superfícies pediplanadas e desnudas. As linhas estruturais aparecem através de sulcos e vales estruturais profundos. Neste setor, as declividades tendem a se atenuar, predominando as faixas de 100 a 400 m de altitude.

No curso inferior do rio Itajaí-Açu situa-se a cobertura sedimentar quaternária, denominada de unidade geomorfológica Planície Costeira. O relevo, nesta área, é de topo convexo em forma de meia laranja (dissecação homogênea). Na região próxima a foz, o relevo aparece assentado sobre planos aluviais (ROSA & HERRMANN, 1986).

#### **4.4.2 Terras baixas**

Nas planícies costeiras predominam modelados de acumulação vinculados a processos resultantes da ação fluvial, marinha, flúvio-marinha, lacustre, lagunar, colúvio-aluvionar e eólica (HORN FILHO, 1997). Estas planícies apresentam superfícies planas a levemente onduladas, quando derivadas de ações marinhas e eólicas e superfícies inclinadas a planas, originadas da ação fluvial nas imediações das encostas das terras altas, normalmente representadas por feições de relevo com altitudes inferiores à 30 m.

Podem ser observadas como principais feições geomorfológicas colúvio-aluvionares: tálus, leques aluviais, canais e terraços fluviais, diques marginais, planícies de inundação e deltas intralagunares. Já as feições litorâneas compreendem: terraços, dunas, esporões, penínsulas, enseadas, baías, planícies de maré, planícies de cordões regressivos, pontais e promontórios, lagoas e lagunas, falésias, praias e ilhas.

#### **4.5 HIDROGRAFIA**

A rede hidrográfica de Santa Catarina apresenta dois grandes sistemas de drenagem independentes cujo divisor de águas está representado pela serra Geral (SANTA CATARINA, 1997; ABREU, 1998). Estes sistemas são compostos pela chamada vertente do Interior, que flui para oeste na qual predomina a bacia Paraná-Uruguaí e a vertente do Atlântico. Esta última, formada por um conjunto de bacias menores, tem seus cursos d'água descendo pelas encostas da serra Geral e das serras litorâneas, fluindo em direção leste e desembocando no oceano Atlântico.

Os rios da vertente Atlântica que drenam os terrenos cristalinos e os terrenos sedimentares paleozóicos, apresentam um perfil longitudinal bastante acidentado no curso superior. No curso inferior, onde cortam planícies aluviais, geralmente formam

meandros, onde os perfis longitudinais assinalam baixas declividades, caracterizando-se neste curso como rios de planícies (SANTA CATARINA, 1997). Seus rios são normalmente comandados pelo regime pluviométrico, caracterizado pelas chuvas distribuídas o ano inteiro, garantindo, assim, o abastecimento normal dos mananciais.

O sistema de drenagem da vertente do Atlântico compreende uma área de aproximadamente 35.298 km<sup>2</sup>, representando 37% da área total do Estado (ROSA & HERRMANN, 1986). Destacam-se as bacias dos rios Itapocú, Itajaí-Açu e Tijucas no litoral Norte e Centro-norte do Estado, e as bacias dos rios Tubarão, Araranguá e Mampituba que se desenvolvem no litoral Sul (ABREU, 1998).

A bacia do rio Itajaí-Açu, de acordo com Santa Catarina (1997), na qual está inserida a área de estudo, se destaca por ser a maior bacia inteiramente catarinense, com aproximadamente 15.111 km<sup>2</sup> de área (aproximadamente 16,15% do território catarinense), uma densidade de drenagem de 1,61 km/km<sup>2</sup> e uma vazão média de longo período de 205 m<sup>3</sup>/s.

Esta bacia conta com três grandes tributários: Itajaí do Norte (que nasce no planalto de Canoinhas), Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul (que nascem nos contrafortes da Serra Geral). A designação do rio Itajaí-Açu ocorre a partir da confluência desses dois últimos rios formadores, na cidade de Rio do Sul. A bacia tem como principais afluentes os rios Itajaí do Norte, Benedito, Cedro, Testo e Luis Alves, pela margem direita, e os rios Neisse, Warnow, Garcia, Encano e Itajaí-Mirim, pela margem esquerda (SANTA CATARINA, 1997).

Orograficamente, a bacia do Itajaí está delimitada ao norte pelas serras de Jaraguá e da Moema; a oeste pelas serras Geral e do Espigão; a sudeste pelas serras de Tijucas, dos Faxinais e da Boa Vista (ADAMI, 1995). O padrão de drenagem da bacia é dendrítico, sendo que o canal do rio apresenta alguns locais com padrão anastomosado, com barras arenosas ou cascalhosas de sedimentos aluviais, e outros com padrão meandrante psamítico ao pelítico principalmente próximo à foz, com a formação de barras de meandro e canais abandonados.

Em algumas áreas, principalmente próximo a Blumenau e Gaspar, o processo de sedimentação e formação dessas barras ou pequenas ilhas estariam associadas à perda de energia do rio devido ao alargamento relacionado a obras de engenharia (FURB & UNIVALI, 2000). Já nas áreas mais próximas a foz, em Itajaí, a formação de barras de meandro e canais abandonados, que ocorrem muitas vezes associados

aos cordões regressivos marinhos, deve-se ao fato de que, segundo Suguio & Bigarella (1990), o material erodido na margem côncava de uma curva de meandro tende a ser depositado na próxima margem convexa da curva seguinte à jusante, e não na margem oposta.

O ambiente deposicional associado ao rio principal, o rio Itajaí-Açu, divide-se em diversos sub-ambientes, tais como depósitos de fundo de canal, de planície de inundação, de rompimento de diques marginais e de meandro (barra de pontal).

Nos depósitos de fundo de canal ocorrem areias e cascalhos, os denominados “depósitos residuais de canal”, acumulados através da carga de tração. Nos depósitos de planície de inundação, ocorre principalmente sedimentação lamosa, formada quando há o transbordamento do leito do rio, em períodos de cheia. Os depósitos de rompimento de diques marginais envolvem deposição por tração e suspensão de areia e lama. Nos depósitos de meandro, ocorre sedimentação essencialmente arenosa, e a deposição dá-se principalmente através de tração e alguma suspensão (CARMO, 2001).

Pelas suas características físicas, o curso do rio Itajaí-Açu pode ser dividido em três setores:

- Alto Itajaí-Açu (curso superior): inicia na confluência das sub-bacias do Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste, no município de Rio do Sul, até Salto dos Pilões (Subida), a montante da foz da sub-bacia do Itajaí do Norte. Com 26 km de extensão, o rio apresenta, neste trecho, pequena declividade e curso sinuoso.
- Médio Itajaí-Açu (curso médio): este trecho, com 83 km de extensão, inicia no Salto dos Pilões e vai até o Salto Weissbach, nas proximidades de Blumenau. Os 12 km iniciais apresentam forte declividade, descendo, depois, gradativamente, e apresentando-se sinuoso em toda a sua extensão.
- Baixo Itajaí-Açu (curso inferior): com cerca de 80 km de extensão, este trecho inicia no Salto Weissbach e segue até a foz no oceano Atlântico; este percurso é menos sinuoso e apresenta declividade bastante reduzida.

Desta forma, o rio Itajaí-Açu, desde a cidade de Rio do Sul até a sua foz, no oceano Atlântico, junto aos municípios de Itajaí e Navegantes, percorre cerca de 200 km.

Sedimentologicamente, ao longo do rio Itajaí-Açu, ocorre o predomínio de areias e lama, relacionadas principalmente as características da bacia sedimentar, aos mecanismos de sedimentação impostos pelo ambiente e a morfologia da planície, que se configura como um terreno de baixa declividade o que possibilita a formação dos sistemas fluviais meandantes, que migram ao longo do curso. As concentrações de areias ao longo do rio são reveladas nas extrações e constantes dragagens que atuam ao longo de suas margens.

Segundo Adami (1995), a estrutura geológica e a altitude estão intimamente ligadas com o traçado do rio, pois os rios do alto vale (planalto), que se orientam em função das camadas sedimentares, possuem um curso retilíneo. Já no médio e baixo vale (planície) os rios tornam-se sinuosos devido ao alargamento da planície aluvial.

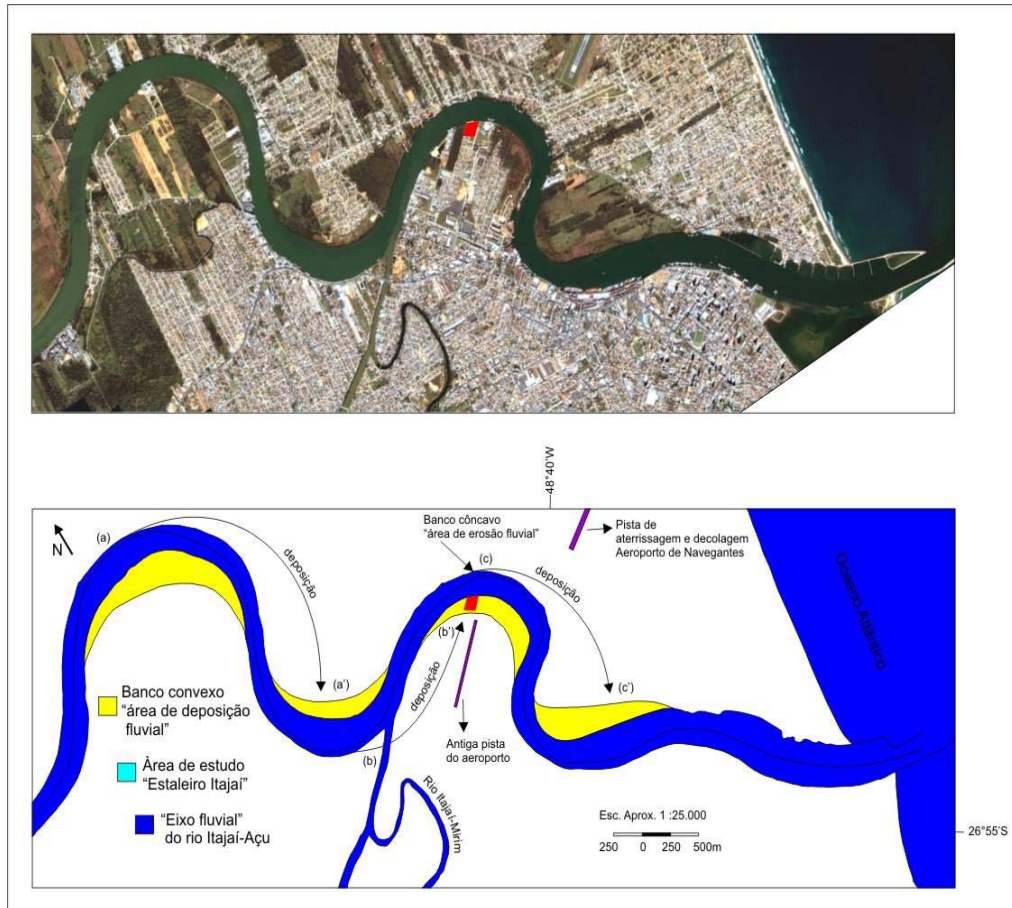
De acordo com Adami (1995) e Santa Catarina (1997), o relevo predominante na bacia é composto principalmente por 40% montanhoso, forte-ondulado e ondulado (solos rasos e medianamente profundos, cascalhosos, pouco férteis e ácidos, desenvolvidos de xistos, argilitos, siltitos e arenitos), 26% montanhoso (solos medianamente profundos, ácidos, pouco férteis e friáveis, localizados na parte central da bacia, originados de folhelhos e argilitos), e 34% plano e suavemente ondulado, junto à planície costeira (solos hidromórficos, muito argilosos ou orgânicos, pouco férteis e ácidos).

#### **4.5.1 Curso inferior do rio Itajaí-Açu**

Na área de estudo, o rio Itajaí-Açu, no seu curso inferior, próximo à foz ou desembocadura, assume as características de um rio velho ou senil, de baixa energia, em uma planície costeira de baixa altitude, cuja deposição supera o transporte e erosão fluvial.

O rio Itajaí - Açu na região do seu baixo estuário, apresenta-se tipicamente meandriforme ou curvilíneo, com sinuosidade baixa a média, caracterizado pela constante movimentação lateral devida à ação combinada de erosão e deposição. Cada curva de um meandro forma dois bancos, um côncavo e outro convexo. No banco côncavo ocorre o predomínio de processos erosivos, originando uma escarpa por erosão da margem situada na parte externa da curva do meandro. No banco

convexo ocorre o predomínio de processos deposicionais, originando as barras em pontal por acréscimo de sedimentos na curva interior ao banco (Fig. 11).



**FIGURA 11 – Imagem do satélite *IKONOS* que mostra os aspectos morfométricos do curso inferior do rio Itajaí - Açu, observando-se nos bancos convexos as áreas de deposição fluvial de barras de meandro e nos bancos côncavos, as áreas de erosão fluvial.**

Fonte: Acquaplan (2007).

Na caracterização batimétrica do baixo estuário do rio Itajaí-Açu, realizada no ano de 2005 (ACQUAPLAN, 2007), foi constatado que as maiores profundidades (-11,9 m) foram observadas no canal natural do rio, localizados na parte convexa dos meandros (curvas de rio). Isso é explicado pelo fato de que o canal natural tende a se aproximar da parte convexa do mesmo, em decorrência do fato de que o talvegue do rio possui uma maior velocidade de fluxo de água neste local, o que provoca conseqüentemente uma erosão natural, aprofundando assim o canal. Em oposição, as menores profundidades (0,9 m) estão localizadas na porção côncava dos

meandros, local com baixas velocidades de fluxo do rio e, conseqüentemente, com características deposicionais de sedimentos.

Segundo Carmo (2001), ao se tratar das características sedimentológicas do estuário, junto ao fundo ocorre uma camada de material muito fino, lamo-arenoso, de origem flúvio-marinha, com espessura variando entre 0,6 a 1,1 m, sobrejacente a uma camada de areia fina, provavelmente marinha, de aproximadamente 1 m. Processos relacionados à descarga fluvial possam talvez explicar a ocorrência, na porção superficial do relevo, de uma sedimentação muito fina sobrejacente à camada arenosa, pois exercem um papel importante no comportamento dos processos sedimentológicos estuarinos, regulados pela influência das marés.

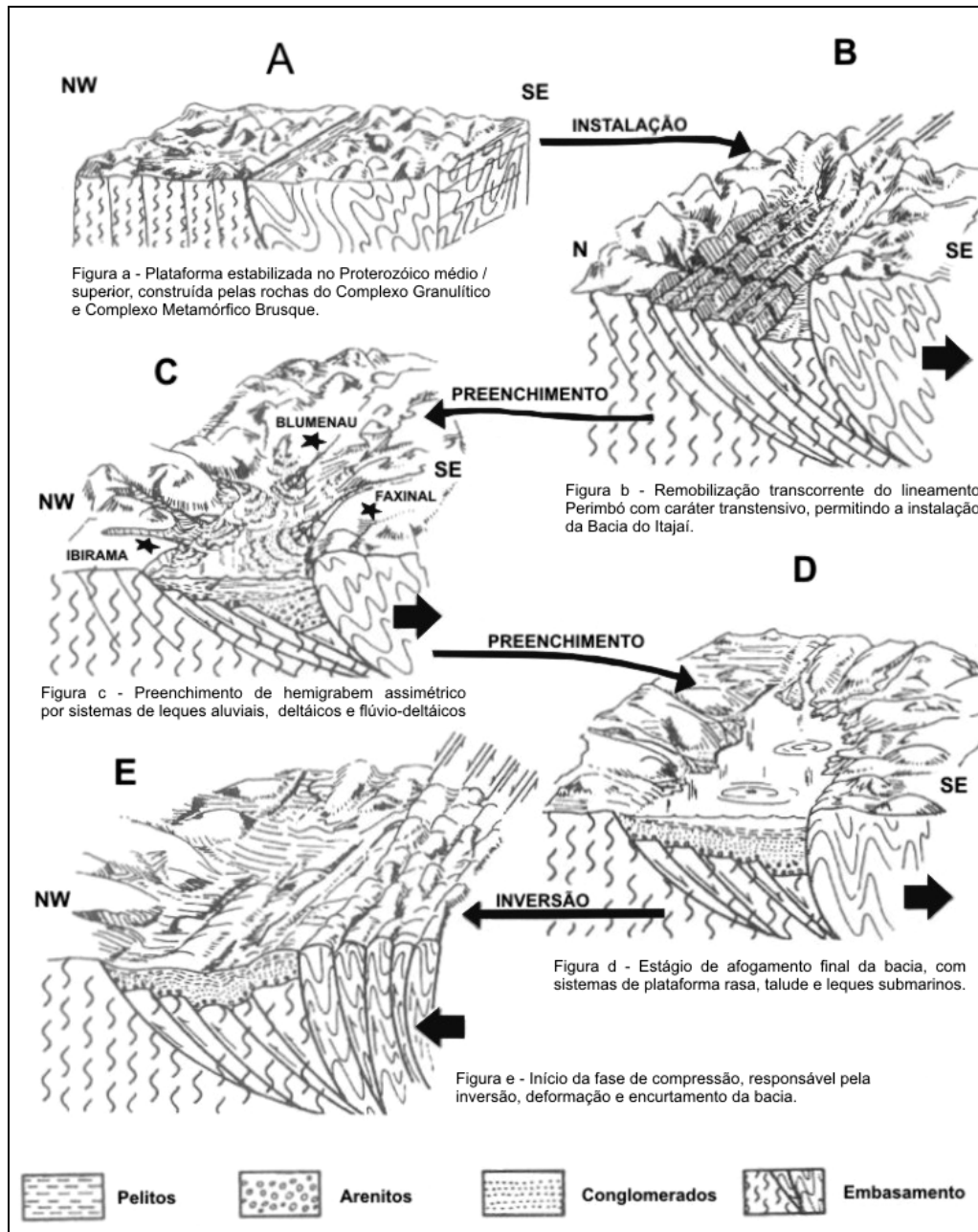
#### **4.5.2 Evolução geológica**

A bacia do rio Itajaí-Açu, de idade do Terciário superior / Quaternário, comparado às bacias hidrográficas dos rios Paraná e Uruguai que datam do Terciário inferior, é relativamente recente, estando sua idade relacionada aos eventos epirogenéticos responsáveis pela geossinclinal da Bacia do Paraná (JUSTUS, 1990). A ascensão da bacia teve dois efeitos fundamentais para a modelagem do relevo na região. Além de expor o embasamento à superfície ficando assim sujeito à ação do intemperismo, provocou um desnível em relação ao mar redirecionando os cursos fluviais, que antes fluíam para a bacia do Prata, passando então a fluir para o oceano Atlântico, a leste. A partir desta nova condição do relevo, os cursos d'água encaixaram-se nos terrenos orientando-se de acordo com as direções das camadas sedimentares, as quais erodiram (ALMEIDA, 1953).

Segundo Caruso Jr *et al.* (1998), a bacia do Itajaí é uma entidade tectônica gerada no Neo-Proterozóico e encerra uma sucessão de estratos sedimentares com contribuição vulcânica subordinada. Este conjunto litológico é referenciado na literatura geológica como Grupo Itajaí e tem sido subdividido nas formações Gaspar e Campo Alegre, ou nas unidades Inferior e Superior. Com rochas sedimentares situadas em domínios com forte controle tectônico, a bacia do Itajaí se posiciona sobre uma importante zona de cisalhamento (Lineamento Perimbó).

De acordo com Krebs *et al.* (1990), a implantação da bacia do Itajaí ocorreu no Proterozóico superior, relacionada às fases deformacionais tardias D3/D4, características de um contexto dúctil-frágil, associado às grandes falhas

transcorrentes (Fig. 12, A, B, C, D). Suas fases evolutivas são sintetizadas em seguida:



**FIGURA 12 (A, B, C, D, E) – Estágios evolutivos da bacia do Itajaí**

Fonte: Krebs *et al.* (1990).

**Fase de Instalação:** A sua implantação se deu por remobilização de um cinturão de cisalhamento, através da reativação das falhas verticais do sistema N50°-60°E (Lineamento Perimbó), que originou uma bacia transtensiva (*strike – slip – basin*), de forma sigmoidal e fundo assimétrico (hemigraben transtensivo), com área fonte de gradiente mais elevado, posicionada no bordo sudeste (Fig. 12, A e B).

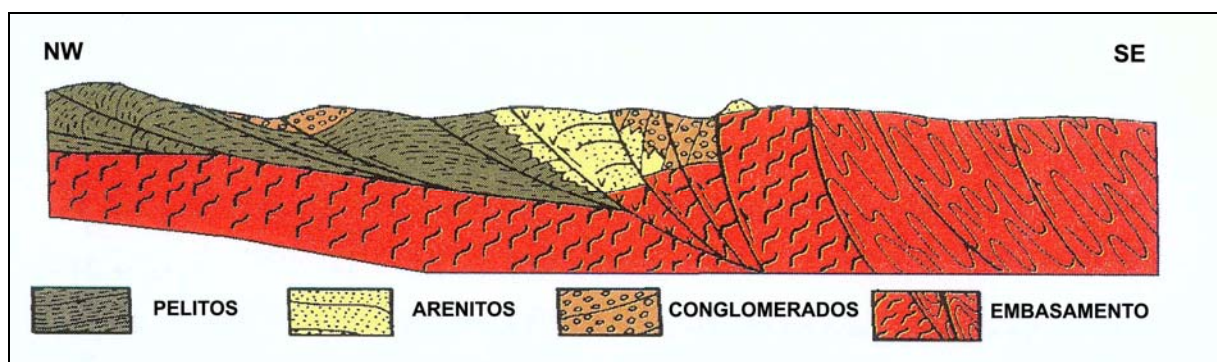


A causa deste evento transcorrente ainda não está bem compreendida, podendo estar relacionada a um processo de estiramento crustal de escala mundial, sobre uma plataforma estabilizada, ou a um choque oblíquo continente versus continente, correspondente à fase inicial de evolução de um megaciclo.

*Fase de Preenchimento:* A interpretação paleoambiental para esta porção da bacia do Itajaí permite propor um modelo deposicional baseado em leques deltáicos, com área-fonte a sudeste, desenvolvendo distalmente depósitos turbidíticos. A instabilidade tectônica da bacia, particularmente no seu flanco sudeste, foi fator determinante para o aporte dos sedimentos às porções bacinais mais profundas e geração dos depósitos turbidíticos (Fig. 12, C e D).

*Fase de Inversão:* No final do Proterozóico superior ou início do Eo-Paleozóico, ocorreu uma reativação das falhas transcorrentes, com alguma milonitização e intensa catáclase e brechação, a qual se associa à inversão da bacia. No progresso da movimentação, esta zona de cisalhamento experimentou fenômenos de transpressão, promovendo as reativações das falhas normais (lítricas) em cavalgamentos, que se propagam através da cobertura, induzindo dobras e falhas nas diferentes camadas (Fig. 12, E).

A inversão da bacia originou um padrão em leque imbricado, que converge para baixo e se abre para cima, constituindo uma estrutura do tipo “hemiflor” positiva (Fig. 13).



**FIGURA 13 – Seção esquemática do estágio final de inversão da bacia do Itajaí**  
Fonte: Caldasso *et al.* (1995)

## **5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo são apresentados fundamentos teóricos referentes aos ambientes de sedimentação fluvial, planície costeira e plataforma continental, além de uma descrição relacionada ao estudo dos minerais pesados.

### **5.1 AMBIENTE FLUVIAL**

O ambiente fluvial compreende os rios que drenam os sedimentos, rochas e águas superficiais. Na planície costeira, os rios são caracterizados como sendo de planície e assumem formas características inerentes a estas regiões. Nesses ambientes uma quantidade considerável das cargas suspensas e de fundo podem depositar-se, além dos próprios canais fluviais e várzeas por ocasião das enchentes. Porém o destino da maior parte do material transportado pelos rios é o mar (MENDES, 1984).

Os processos em ação no ciclo hidrossedimentológico, com o passar do tempo segundo FURB & UNIVALI (2000), acabam por moldar as feições das bacias hidrográficas principalmente quando sua intensidade é maior do que os processos vinculados à dinâmica interna. São geradas formas conhecidas como: perfis longitudinais dos cursos d'água e dos interflúvios mais suaves; rede de drenagem mais densa e mais entalhada na parte superior da bacia, e leitos que vão se alargando de montante para jusante, cujo material de fundo vem simultaneamente diminuindo de tamanho.

Essas formas estruturais compõem três grandes conjuntos que constituem os principais fatores do sistema natural de produção de sedimentos em qualquer bacia, ou seja: interflúvios ou vertentes que constituem a área de captação e produção de sedimentos; leitos ou calhas em que se concentra o escoamento e planícies aluviais ou várzeas que circulam as calhas e que funcionam como receptores dos sedimentos produzidos mais a montante.

Todas essas feições resultam de um lento processo de adaptação, produto da degradação lenta do relevo sob ação dos processos presentes no ciclo hidrossedimentológico (FURB & UNIVALI, 2000). Desta maneira, predominam no

sistema fluvial a erosão no trecho superior da rede de drenagem, o transporte no trecho médio e a deposição no curso inferior do rio.

As fácies fluviais podem ser integradas, segundo Suguio & Bigarella (1990), em três tipos principais de sistemas fluviais: (1) meandrante pelítico, (2) meandrante psamítico e (3) anastomosado.

Em relação ao sistema meandrante pelítico, destacam-se rios extremamente sinuosos, desenvolvidos em planícies aluviais de agradação, possuindo uma razão lama/areia moderada a alta, com baixo declive e descarga relativamente alta e uniforme. Este sistema é constituído pelas fácies barras de meandros, diques naturais, depósitos de rompimento de diques, depósitos de planícies de inundação e depósitos de preenchimento de canais abandonados.

A drenagem formadora do sistema meandrante psamítico é constituída por rios com moderada a baixa sinuosidade, com maior declive, descargas menos uniformes e predominância de carga de fundo, com relação lama/areia moderada a baixa. As principais fácies constituintes deste sistema são: barras de meandro e barras de corredeira.

O sistema anastomosado desenvolve-se sob condições de alto declive em rios com elevada quantidade de carga de fundo e descarga alta e periódica, com uma baixa relação lama/areia. Ocorrem normalmente nas partes superiores das bacias fluviais, geralmente em regiões de relevo acidentado. Suas principais fácies são as barras horizontais e transversais.

## **5.2 PLANÍCIE COSTEIRA**

As planícies costeiras são planícies de baixo gradiente que margeiam corpos de água de grandes dimensões, como o mar, representando comumente faixas de terra recentemente emersas, compostas por sedimentos marinhos e flúvio-marinhos, em geral de idade quaternária (SUGUIO, 1992).

Para Martin *et al.* (1988), as planícies costeiras são evidências de antigos níveis marinhos mais altos do que o atual, através de depósitos arenosos quaternários de origem marinha litorânea. Estas planícies compreendem a porção mais jovem do pacote sedimentar, o qual foi intensamente afetado pelas oscilações do nível relativo do mar (NRM), ocorridas durante o Quaternário. Segundo Curray (1964) é de muita relevância o conceito de transgressões e regressões marinhas

sobre regiões continentais para a geologia costeira devido à constituição marinha dos sedimentos.

O modelo transgressivo resulta de uma elevação do NRM e/ou uma deficiência de areia na praia com relação às condições energéticas do ambiente. A taxa de geração de espaço para acumulação dos sedimentos é maior que a taxa de suprimento, o que resulta em um deslocamento da linha de costa no sentido do continente, ou numa transgressão.

O modelo regressivo resulta de um excesso de suprimentos de sedimentos (regressão normal) ou de um abatimento do NRM (regressão forçada) ou de uma combinação destes fatores. A taxa de geração de espaço para a acumulação dos sedimentos é menor que a taxa de suprimentos, o que resulta num deslocamento da linha de costa no sentido do mar, ou numa regressão.

As variações do NRM são sentidas ao longo de algumas planícies costeiras, onde estas variações somadas a mudanças climáticas e processos diagenéticos e de erosão possibilitam o desenvolvimento de importantes ambientes sedimentares. Dentre estes ambientes destaca-se o sistema laguna-barreira, desenvolvido em locais onde ocorre o suprimento adequado de areia à praia através da deriva litorânea, rios ou plataforma continental interna; condições hidrodinâmicas com ondas de alta a moderada energia e pequena amplitude das marés; e presença de planícies costeiras e plataforma continental com baixo gradiente e moderadamente estáveis (KRAFT & CHRZASTOWSKI, 1985).

Segundo Diehl & Horn Filho (1996), os depósitos e suas fácies sedimentares de idade quaternária aflorantes na planície costeira e zonas litorâneas fazem parte de dois sistemas deposicionais interdigitados: sistema deposicional de encosta e sistema deposicional laguna-barreira. O primeiro, inclui os depósitos e fácies continentais de origem terrígena associados aos declives nos flancos das elevações a partir das rochas do embasamento e elúvios. Abrangem os colúvios, os leques aluviais e as porções dos aluviões mais continentalizados. Já o sistema deposicional laguna-barreira compreende os depósitos e fácies transicionais originados por processos trans-regressivos marinhos constituídos, basicamente, de uma retro-barreira de origem lagunar voltada para oeste e de uma barreira arenosa de origem praial e eólica, direcionada para a leste. Neste sistema, consideram-se os depósitos praial intermarés, eólico litorâneo, lagunar, aluvial e paludial.

Os depósitos sedimentares cenozóicos, de acordo com Caruso Jr. (1987), normalmente incluem depósitos indiferenciados do Terciário e do Quaternário e são constituídos por sedimentos continentais, fluviais e marinhos. Os sedimentos continentais são representados pelos depósitos gravitacionais de encostas gradando para sistemas de leques aluviais e canais anastomosados. Os sedimentos fluviais englobam depósitos de planície e canais fluviais subatuais a atuais indiferenciados. Os marinhos incluem depósitos de praia parcialmente recobertos por dunas litorâneas e às vezes interrompidos por exposições de rochas do embasamento. São formados por areias finas, bem selecionadas, localmente com concentrações de areias negras, constituídas principalmente por monazita, zircão, ilmenita e magnetita.

### **5.3 PLATAFORMA CONTINENTAL**

Os sistemas deposicionais marinho raso compreendem as plataformas continentais e os mares interiores rasos ou epicontinentais.

As plataformas continentais correspondem a segmentos submersos das margens continentais que mergulham suavemente (declividade da ordem de 1:1.000) desde o nível base de ação das ondas (profundidades da ordem de 10 a 20 m) até a chamada “borda da plataforma” (profundidade da ordem de 150 a 200 m), onde ocorre um importante incremento na declividade marcando o início do talude continental (CORREIA, 1979; 1980). Para alguns esta zona acha-se representada pela isóbata de 200 m, o que não corresponde em muitos casos à realidade, pois a mudança de gradiente pode acontecer aos 100 m ou menos ou então muitas vezes somente dar-se aos 400 m de profundidade.

De todas as regiões do ambiente marinho esta é a mais conhecida, por ser bem mais acessível que as áreas profundas e representar normalmente uma continuidade submersa do continente. Deve-se ter em conta que esta zona inclui sedimentos que diferem tanto na gênese como em composição, de maneira que sua feição comum é apenas baseada nas profundidades relativamente baixas em que são acumuladas.

A plataforma continental é uma feição do Quaternário, tendo se originado numa gama de processos de acumulação e de erosão no Pleistoceno e no limite do Pleistoceno/Holoceno.

Normalmente a sedimentação nas plataformas continentais costuma ser dividida de conformidade com a situação: de plataforma aberta, diretamente afetada pelas condições marinhas, sem barreira ou proteção de qualquer tipo; ou de plataforma abrigada, quando existe proteção de algum tipo. O ambiente de plataforma aberta pode ser normalmente dividido em plataforma interna, média e externa, incluindo igualmente planos de águas rasas e plataformas insulares. Já o ambiente de plataforma abrigada inclui em sua categoria: baías, estuários, lagoas, lagunas, planos tidais, *fjords*, etc.

Os processos hidrodinâmicos mais significativos que atuam no transporte de sedimentos clásticos nas plataformas continentais se relacionam com a ação das marés, das ondas de tempestades e com correntes forçadas pelo vento, processos estes mais efetivos na plataforma continental interna. Interagindo com eles, ocorrem correntes mais suaves relacionadas a gradientes de salinidade, temperatura e ao efeito de *Coriolis*.

Os sedimentos que cobrem as plataformas continentais atuais podem ser classificados em 5 diferentes grupos: (1) sedimentos detríticos terrígenos (cascalhos, areias e lamas erodidos do continente e transferidos pelos agentes transportadores); (2) sedimentos biogênicos (depósitos formados através da atividade orgânica, na maioria de natureza carbonática); (3) sedimentos vulcanogênicos (originados através da atividade vulcânica explosiva, como materiais piroclásticos); (4) sedimentos autigênicos (formados na interface água/sedimento devido à reações químicas apropriadas, como a glauconita e a fosforita); e (5) sedimentos residuais (formados a partir da erosão submarina de afloramentos rochosos existentes nas plataformas).

Estes 5 grupos podem ser agrupados em três classes, de acordo com o momento em que foram acumulados em seus sítios deposicionais nas plataformas: (1) sedimentos modernos (recém chegados às plataformas continentais); (2) sedimentos relíquias (sedimentos depositados nas plataformas durante o Pleistoceno, em épocas de nível de mar mais baixo, encontrando-se atualmente em desequilíbrio hidrodinâmico com as condições ambientais atuais) e (3) sedimentos palimpsésticos (sedimentos relíquias que estão sendo retrabalhados pelos processos hidrodinâmicos atuais ou misturados com os sedimentos de contribuição moderna).

## 5.4 MINERAIS PESADOS

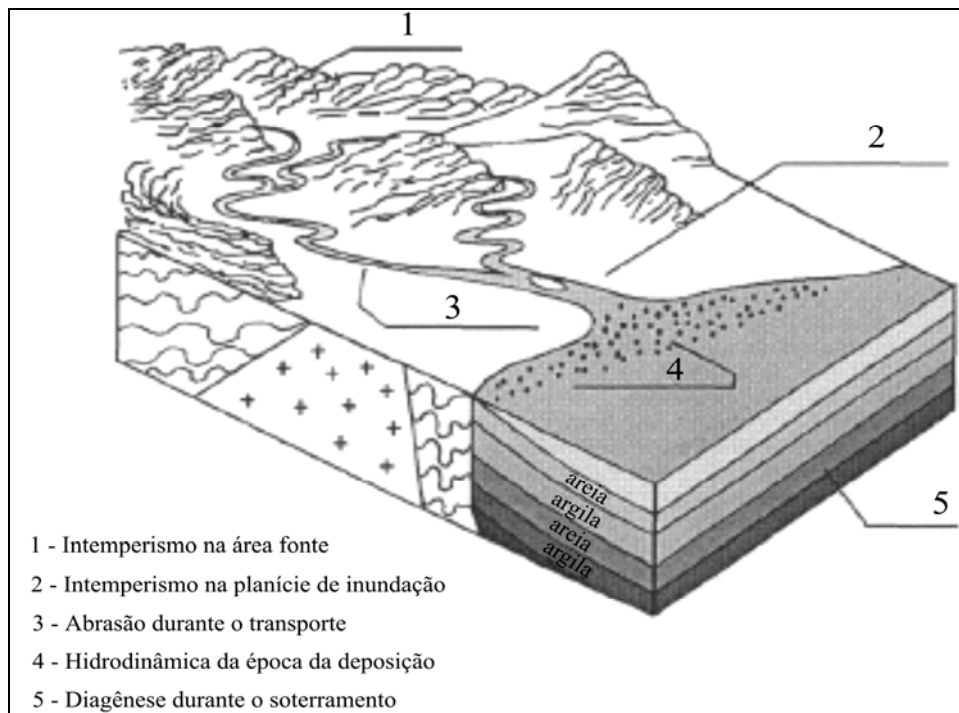
### 5.4.1 Formação e origem

Embora os depósitos de pláceres sejam mais comumente de origem fluvial, os agentes de concentração também podem ser marinhos, eólicos ou glaciais (SUGUIO, 2003). A formação dos pláceres de minerais pesados requer uma fonte primária que pode ser as rochas ígneas ou veios de minerais e envolve processos de erosão, transporte e concentração. O intemperismo, principalmente químico, atua liberando os minerais pesados, que são transportados pelos rios até o oceano, sendo as praias, a plataforma continental, os rios e os vales afogados os ambientes de deposição das jazidas de minerais pesados (VANZ, 1996).

O mecanismo de concentração dos minerais pesados está diretamente relacionado ao alto peso específico e a sua elevada resistência à abrasão. Apesar dos minerais pesados serem indicadores sensíveis da composição mineralógica da área fonte, a composição da assembléia é afetada por uma variedade de outros processos que operam durante o ciclo sedimentar (MORTON, 1985) (Fig. 14). De acordo com Morton & Johnsson (1993) e Suguio (2003), os depósitos de pláceres são essencialmente controlados pelo clima que condiciona a profundidade de intemperismo, pela geomorfologia que dita as taxas de erosão e o gradiente topográfico, pela hidrodinâmica dos processos de transporte e deposição e pela mineralogia e geoquímica das fontes de sedimentos.

Minerais como epidoto, estauroлита, cianita, granada e andaluzita são predominantemente metamórficos; ilmenita, magnetita, zircão, rutilo, turmalina e hornblenda são minerais que se formam tanto em rochas metamórficas como em ígneas; augita e hiperstênio aparecem principalmente em rochas ígneas básicas. Segundo Silva (1978), zircão, turmalina e rutilo são minerais que devido a maior resistência à abrasão e aos ataques químicos são comumente encontrados nos depósitos detríticos sedimentares, ocorrendo de modo geral nas rochas do escudo, incluindo nessas, pegmatitos, diques e veios, que formam basicamente a fonte primária desses minerais. De acordo com a autora, a soma das percentagens destes três minerais dentro dos minerais transparentes é conhecida como Índice ZTR (zircão – turmalina – rutilo), (HUBERT, 1962). Esta razão serve para indicar o grau de maturidade mineralógica em arenitos, sendo expresso em porcentagem

correspondente à soma das freqüências numéricas entre os minerais transparentes não-micáceos. Pettijohn (1957) classificou a estabilidade dos minerais pesados em metaestáveis (estauroлита, apatita, pistachita, cianita, silimanita, granada) e instáveis (hornblenda, hiperstênio, augita, andaluzita).



**FIGURA 14 – Modelo de processos atuantes ao longo do canal fluvial durante o ciclo sedimentar.**

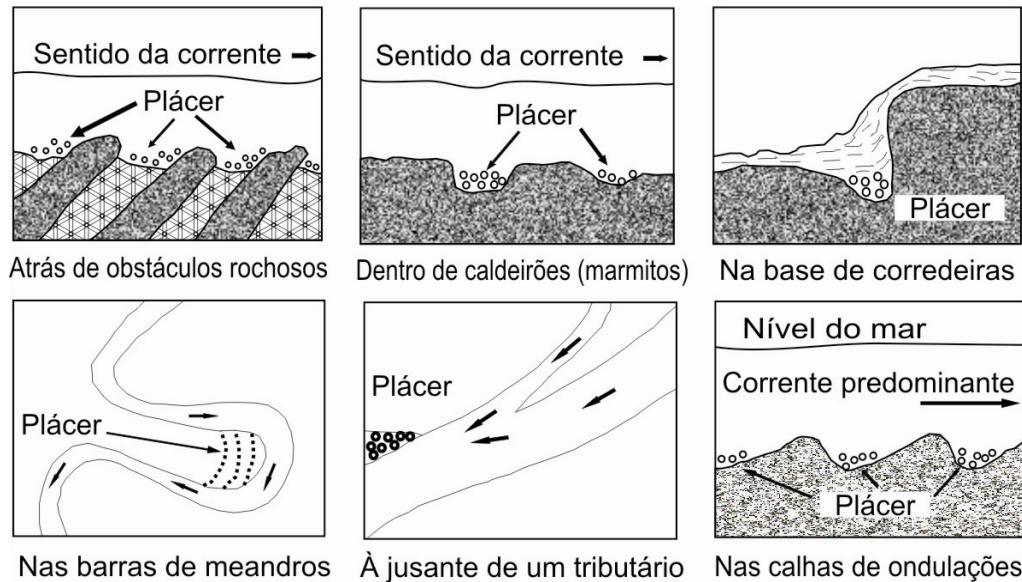
Fonte: Modificado de Morton (1985).

Segundo Addad (2001), os minerais pesados mostram dois comportamentos diferenciados. Existem aqueles que, apesar de ocorrerem em pequenas quantidades na rocha fonte, tendem a se enriquecer relativamente ao sedimento pela sua alta resistência (zircão, turmalina, rutilo) e elevado Índice ZTR, e outros podem ser abundantes na fonte, mas devido à sua instabilidade e fragilidade vão desaparecendo, sendo diluídos na direção do transporte (anfíbólios, piroxênios e olivinas).

Os depósitos de minerais pesados em ambientes fluviais (Fig. 15) são formados por concentrações mecânicas ou obstáculos nos locais onde as velocidades de fluxo das correntes diminuem. Em determinadas condições de fluxo de corrente, as partículas maiores e menos densas do sedimento podem ser



transportadas deixando “*in situ*” um depósito residual de minerais pesados de granulação mais fina (SUGUIO, 2003).



**FIGURA 15 – Formação dos depósitos de pláceres sob vários tipos de correntes aquosas em cursos fluviais.**

Fonte: modificado de Flint & Skinner (1977; *apud* SUGUIO, 2003)

#### 5.4.2 Dinâmica e transporte

Segundo Rubey (1933), os minerais pesados são hidraulicamente equivalentes a grãos de minerais leves de tamanho maior. Em consequência disso, Tomazelli (1978) afirmou que a suíte de minerais pesados pode variar composicionalmente quando oscila o tamanho dos grãos das amostras observadas. Os grãos de quartzo, associados aos minerais pesados durante o transporte subaquoso, possuem diâmetros de 0,5 a 1,0 *phi* maiores que os últimos. Esta associação de fragmentos de diferentes diâmetros, em decorrência de seus pesos específicos, é conhecida como *razão hidráulica*, e varia em função das espécies mineralógicas envolvidas. A razão hidráulica é afetada pela forma, pelo tamanho original dos grãos minerais na rocha matriz e pela natureza do meio de transporte e sedimentação. A forma é muito importante quando comparamos minerais pesados de densidades aproximadamente iguais, mas de formas diferentes (SUGUIO, 1980). Minerais com forma menos esférica e menor peso específico, são carregados para mais longe que os mais esféricos e mais densos, apesar de seus diâmetros serem

similares, modificando as relações entre as frequências das diferentes espécies mineralógicas.

Além disso, Cascalho (2000) afirmou que a velocidade de sedimentação não é a única grandeza física a determinar os grãos presentes num dado depósito sedimentar e que, na prática, os diferentes grãos minerais que constituem o mesmo depósito não têm, de fato, velocidades de sedimentação iguais. Em função disso, deve-se considerar a possibilidade de explicar a equivalência entre comportamentos de diferentes grãos sem ser com base exclusiva na velocidade de sedimentação, sendo necessária então além desta, considerar a velocidade de tração e tensão de tração.

Entretanto, apesar dos minerais pesados possuírem densidades elevadas quando comparadas as do quartzo e feldspato, eles também podem ser ressuspensos. Quando estes minerais encontram-se na coluna da água, de acordo com Vanz (1996), a forma prismática alongada oferece maior superfície de contato à água, reduzindo a velocidade de deposição. Quanto mais tempo esses minerais permanecem na coluna da água maior será o tempo em que os grãos são transportados. Para corroborar a idéia de que o fator forma influencia na velocidade de sedimentação, Cascalho (2000) afirmou que a velocidade sofre decréscimo importante quando se trata de grãos mais tabulares ou lamelares.

#### **5.4.3 Distribuição e ocorrência dos minerais pesados no Brasil e exterior**

No Brasil, os pláceres de minerais pesados têm sido estudados por diferentes autores, sendo o trabalho de Gílson (1950) considerado como o pioneiro, no qual ele descreve os principais depósitos de minerais pesados da costa brasileira.

Também importante foi o trabalho realizado por Goñi & Delaney (1961), cujos resultados ressaltam a importância do uso dos minerais pesados para estudos correlacionando formações geológicas no tempo e no espaço. Os autores concluíram que o Arenito Botucatu, que aflora nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, é correlacionável com a Formação Tucuraembó, no Uruguai.

No final da década de 70, Silva (1978) realizou um dos primeiros grandes trabalhos relacionando a presença de minerais pesados na costa sul do Rio Grande do Sul com sua proveniência das rochas fontes do embasamento.

O mapeamento realizado por Tomazelli (1978) pode também ser considerado como um dos estudos pioneiros, em se tratando da distribuição dos minerais pesados na plataforma continental do sul do Brasil, em especial no Rio Grande do Sul. Além de apresentar dados da distribuição de assembléias de minerais pesados e suas fontes continentais, o autor ressaltou a importância deste tema para a sedimentologia, paleogeografia e estratigrafia. Neste mesmo sentido, Vanz (1996), também para a plataforma continental do Rio Grande do Sul, apresentou o uso dos minerais pesados como traçadores naturais para a dispersão sedimentar na desembocadura da lagoa dos Patos.

Mio & Giannini (1997) apresentaram um trabalho sobre a variação de minerais pesados transversal à planície litorânea de Peruíbe-Itanhaém, São Paulo. Neste trabalho, os autores afirmaram que nos sedimentos da costa sul-sudeste brasileira, as assembléias de minerais pesados têm-se apresentado como um dos parâmetros sedimentológicos mais efetivos na distinção de diferentes gerações de areias regressivas, cordões litorâneos ou dunas eólicas. Estes concluíram também, que a mineralogia pode ser um recurso seguro e eficiente de distinção entre areias costeiras holocênicas e pleistocênicas. Neste mesmo ano, Giannini *et al.* (1997) avaliaram a variação vertical na assembléia de minerais pesados na planície costeira de Paranaguá, Paraná, através de testemunhos de sondagem rasa. Também foi possível chegar às mesmas conclusões, sendo o critério mineralógico considerado uma ferramenta na distinção de depósitos arenosos holocênicos e pleistocênicos.

Silva (1999) apresentou um estudo sobre a caracterização, distribuição e proveniência dos minerais pesados ao longo do rio Piranhas-Açu, Rio Grande do Norte. Neste trabalho, a autora utilizou razões minerais que permitiram examinar a influência do fracionamento hidráulico pela forma e densidade, bem como pela decomposição química seletiva dos principais minerais envolvidos.

O trabalho de Figueiredo *et al.* (2003) evidenciou como os minerais pesados podem ser usados como traçadores em estudos de caracterização e proveniência ao longo de um canal fluvial. Este trabalho visou a melhor compreensão dos efeitos de transporte e regime hidráulico atuantes no rio Jaguaribe, Ceará, também através das mesmas razões minerais citadas anteriormente.

A análise realizada por Santos & Gasparetto (2003) em depósitos aluviais do rio Paraná ressalta a importância dos minerais pesados como instrumento de correlação de eventos, fácies e suas associações em bacias sedimentares, sendo

estes uma ferramenta auxiliar para atestar a evolução da maturidade de uma importante bacia hidrográfica.

Dillenburg *et al.* (2004) demonstraram a estreita relação entre a evolução da barreira regressiva holocênica de Bojuru / RS e a formação de grandes depósitos economicamente viáveis de minerais pesados, sumarizando a importância dos modelos de evolução costeira como um guia de prospecção dos depósitos de minerais pesados.

Em se tratando de estudos sedimentológicos e mineralógicos na plataforma continental e nos rios que influenciam os processos costeiros em Santa Catarina, apesar do trabalho de Souza (2004), praticamente não existem referências bibliográficas relacionadas com os minerais pesados. Neste trabalho, que pode ser considerado como o pioneiro relacionado à distribuição dos minerais pesados na plataforma continental de Santa Catarina, observou-se que a dispersão e distribuição dos minerais mais instáveis estariam relacionadas com o aporte fluvial do rio Itajaí-Açu e deriva litorânea, enquanto que os minerais mais estáveis estariam relacionados com as áreas de deposição arenosa, mais antigas e retrabalhadas na plataforma continental.

Mais atualmente, Amaral (2006) estudou com maior detalhe a concentração e distribuição dos minerais pesados numa pequena área da plataforma continental interna, ao largo da desembocadura do rio Itajaí-Açu. Neste mesmo ano, Schmidt (2006) avaliou a distribuição e concentração sazonal (verão e inverno) dos pesados nas praias de Navegantes e Itajaí.

No âmbito internacional, importantes trabalhos foram realizados por diversos autores. Os estudos de Rubey (1933), Krumbein (1934), Krumbein & Pettijohn (1938) e Pettijohn (1957) podem ser considerados como alguns dos trabalhos pioneiros relacionados com minerais pesados.

Hubert (1962) apresentou e demonstrou o uso do Índice ZTR (zircão – turmalina – rutilo) como avaliação da maturidade, composição e textura de assembléias de minerais pesados em sedimentos.

Processos instantâneos na formação de plácemes em depósitos da praia, tais como o transporte seletivo e a classificação do grão, foram discutidos por Komar & Wang (1984). Clemens & Komar (1988) se utilizaram de padrões de arredondamento de pesados relíctos diluídos em areias produzidas pela erosão de escarpas atuais e que impedem a deriva litorânea na costa do *Oregon* - EUA, para refletir mudanças,

transporte e mistura em condições de níveis do mar baixos durante o Pleistoceno, quando não existiam os bloqueios por promontórios, mas uma efetiva deriva sul-norte.

Morton & Smale (1990) e Morton & Hallsworth (1994; 1999) descreveram que a composição das assembléias de minerais pesados pode ser altamente influenciada por vários processos que atuam durante o transporte, deposição e diagênese, e não somente pela mineralogia das rochas fontes.

Peregovich (1999, *apud* ADDAD, 2001) analisou a história deposicional do mar de *Laptev*, norte da Sibéria, através da variação de assembléias de minerais pesados entre cenários de mudança climática (e sedimentar) ao longo do Holoceno. Da mesma forma, Ehrman e Polozek (1999) utilizaram minerais pesados para documentar uma mudança no movimento do gelo entre o Plioceno e o Quaternário, na Antártica.

Outro trabalho que merece destaque foi realizado por Cascalho (2000) que estudou a mineralogia dos grãos de pesados dos sedimentos arenosos não consolidados da margem continental setentrional portuguesa. O autor realizou a interpretação do transporte e sedimentação recente dos minerais pesados da plataforma continental levando em conta a natureza litológica das fontes. Foram considerados ainda naquele estudo os processos de fornecimento e de distribuição, tais como, descargas fluviais, agitação marinha superficial e correntes de maré, entre outros, para a caracterização do padrão de distribuição dos minerais pesados na costa portuguesa.

Sukhoroslov & Yablokova (2001) analisaram os pláceres de ouro do rio *Nindi*, Tanzânia, através dos aspectos da distribuição do ouro, composição dos depósitos inconsolidados e características mineralógicas próprias, formação de depósitos aluviais e concentração de outros minerais pesados resistentes (ilmenita e zircão) sob condições de clima tropical, onde puderam ser observadas condições favoráveis para um intenso intemperismo químico nos minerais.

Frihy & Dewidar (2003) avaliaram os padrões de erosão/sedimentação, concentração de minerais pesados e o tamanho de grão para interpretar os limites das derivas litorâneas no delta do rio Nilo, Egito. Eles afirmaram que a conexão entre as mudanças do nível do mar, concentração de minerais pesados e o tamanho médio de grão da zona litoral pode ser aplicada em ambientes deltáicos como ferramenta para interpretar os caminhos do transporte de sedimentos.

Mais recentemente, Okay & Ergün (2005) investigaram a fonte de turbiditos recentes na bacia do mar de *Marmara*, Turquia, e compararam com a composição de minerais pesados nas praias arenosas adjacentes. Segundo os autores, puderam ser observadas quatro províncias mineralógicas, onde a variação das assembléias indica uma heterogênea e variável fonte para as praias arenosas da região.

## **6 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada compreendeu seis etapas principais, classificadas em atividades de gabinete (6.1, 6.2, 6.5 e 6.6), de campo (6.3) e de laboratório (6.4), que passam a ser descritas a seguir.

### **6.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta fase inicial realizou-se uma revisão bibliográfica geral e detalhada relacionada com os principais aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos e climáticos do Estado de Santa Catarina e seu litoral, bem como aspectos da área de estudo. Esta etapa também consistiu na obtenção de dados bibliográficos sobre os minerais pesados, visando a análise crítica das informações já disponíveis para um melhor conhecimento do contexto geológico da área de estudo, bem como adquirir uma fundamentação teórica sobre o estudo de minerais pesados.

### **6.2 FOTOINTERPRETAÇÃO**

A fim de se obter uma visão geral da região, foi realizada uma observação preliminar da área de estudo através da análise de fotografias aéreas monocromáticas na escala de 1:25.000 (1978) obtidas junto ao DNPM, objetivando a definição das características geomorfológicas das principais unidades geológicas, os contatos entre estas unidades e a seleção dos pontos onde seriam realizadas as estações de coleta. Além das fotografias, foram utilizados dados oriundos de cartas topográficas das folhas Gaspar / SG-22-Z-B-V-3 (IBGE, 1981) e Itajaí / SG-22-Z-B-V-4 (IBGE, 1991), na escala 1:50.000. Ambas foram utilizadas para a produção do mapa geológico correspondente à área de estudo, de acordo com as normas cartográficas brasileiras. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Cartografia e Fotointerpretação do Departamento de Geociências / CFH - UFSC.

### **6.3 TRABALHO DE CAMPO**

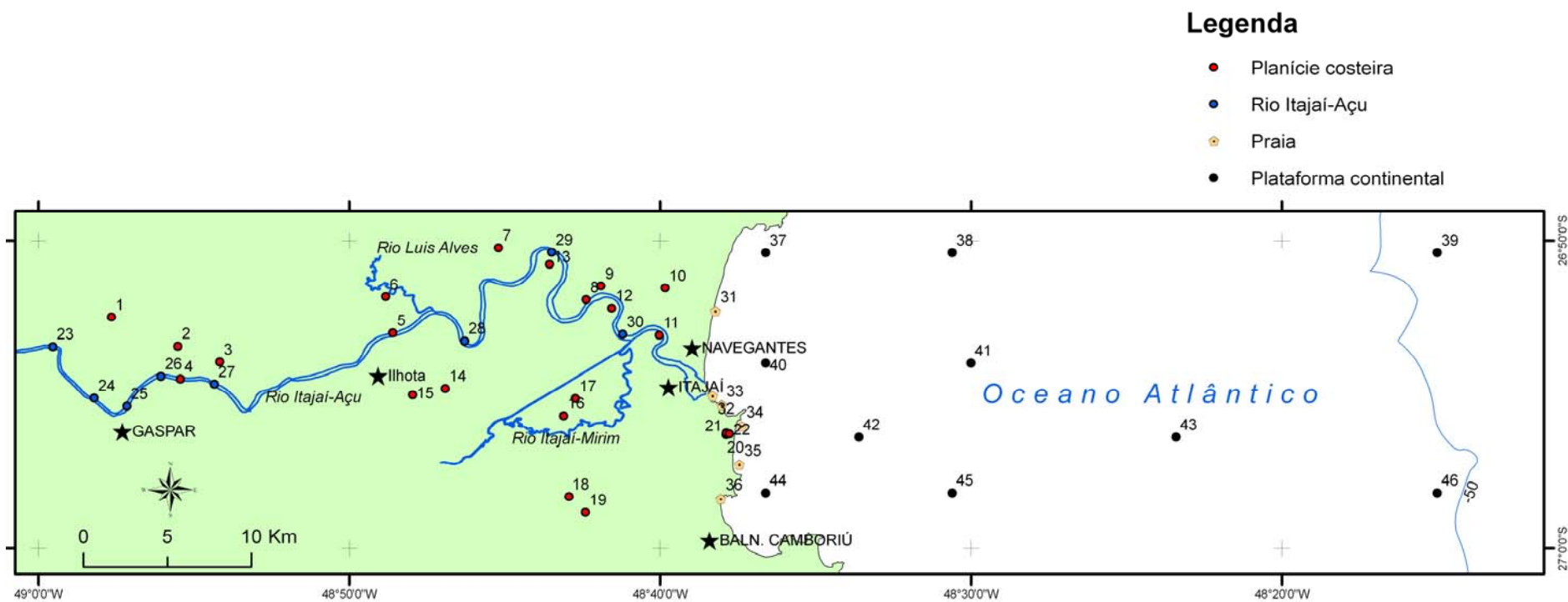
Esta etapa envolveu a amostragem de sedimentos e a descrição das diversas litologias encontradas. Foram realizados 3 trabalhos de campo durante os meses de junho e julho de 2006, tendo sido coletadas 22 amostras obtidas na planície costeira. Somadas a estas, são consideradas ainda 8 amostras ao longo do canal do rio Itajaí-Açu e 6 amostras das praias da área de estudo, anteriormente coletadas pela UNIVALI em 2000, além de 10 amostras da plataforma continental, já analisadas por Souza (2004), totalizando 46 amostras (Fig. 16).

Na planície costeira, foram percorridas as principais vias de circulação realizando-se uma identificação geral da área e estabelecendo-se os locais de coleta (provisoriamente pré-determinados na fotointerpretação). Em seguida, para as amostragens de sedimentos foram abertas trincheiras onde se procedeu à coleta de amostras subsuperficiais, entre 10 e 50 cm de profundidade. A localização das amostras foi efetuada utilizando-se um GPS manual.

No leito do curso inferior do rio Itajaí-Açu, as amostras foram coletadas pelo Laboratório de Oceanografia Geológica do CTTMar – UNIVALI, e encontram-se armazenadas em seu acervo litológico. Estas amostras, obtidas desde a ponte sobre a BR 101 em Navegantes até Blumenau, foram coletadas em perfis transversais ao longo do rio com um busca-fundo do tipo “*Van-Veen*” a bordo de uma embarcação, tendo sido adquiridas 3 amostras por perfil. Nos pontos onde o leito do rio era constituído basicamente por rochas, não foram realizadas as amostragens. Para a realização deste trabalho, foram utilizados somente alguns perfis, devido às pequenas distâncias entre eles em alguns trechos, procurando assim obter um melhor espaçamento entre os pontos. Destes perfis, foi utilizada apenas uma amostra por perfil.

No ambiente praial foram coletadas 6 amostras superficiais nas praias de Navegantes (setor Central), Itajaí (Atalaia, Cabeçudas, Brava, Amores) e Balneário Camboriú (setor Central). Estas amostragens foram obtidas manualmente no setor do pós-praia e localizadas com auxílio de um GPS manual.





**FIGURA 16 – Mapa de localização das amostras consideradas no presente trabalho**

Na plataforma continental interna, as amostras analisadas foram coletadas em duas campanhas oceanográficas, organizadas durante a execução do Projeto Geocosta (Fundação Banco do Brasil), realizadas a bordo do N.Pq. Diadorim (IBAMA-CEPSUL). A primeira campanha, realizada em fevereiro de 1996 (Geocosta Sul 001/SC), coletou 19 amostras superficiais com o amostrador “*Van-Veen*” na circunvizinhança da ilha do Arvoredo, localizada ao sul da área de estudo, e na segunda que se realizou entre fevereiro e março de 1997 (Geocosta Sul 002/SC), na qual foram coletadas 55 amostras com amostrador “*Petit Ponar*”. Os pontos de coleta foram definidos tendo-se como referencial as linhas isobatimétricas de 10 m, 20 m, 30 m, 40 m e 50 m, obedecendo a perfis transversais à costa previamente definidos, espaçados de duas milhas náuticas, cerca de 3.700 m.

## **6.4 ANÁLISE LABORATORIAL**

Nesta etapa, as amostras de sedimentos foram submetidas às análises granulométricas e mineralógicas, descritas a seguir.

### **6.4.1 Granulometria**

A metodologia empregada no processamento das amostras seguiu a tradicionalmente utilizada nos estudos sedimentares (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938; TICKELL, 1965; GRIFFITHS, 1967; CARVER, 1971).

Para a análise granulométrica, realizada no Laboratório de Sedimentologia do CTTMar / UNIVALI, inicialmente procedeu-se a lavagem com água destilada para a eliminação dos sais solúveis, secagem em estufa à temperatura de 50°C durante 72 horas e, em seguida, quarteamento destinando-se as parcelas para outras análises futuras. Da subamostra destinada à análise granulométrica, foi eliminada a matéria orgânica e realizado o peneiramento para as frações maiores que 0,062 mm, com separação das frações em intervalos de  $\frac{1}{2}$  *phi* ( $\phi$ ), segundo Krumbein (1934) e Wentworth (1922). Após a separação das frações, as mesmas foram pesadas em uma balança analítica com 0,0001 g de precisão. Para a determinação granulométrica das frações lamosas (silte e argila), foi utilizado o método de pipetagem, baseado nos tempos de sedimentação.

Após a obtenção dos pesos em cada intervalo granulométrico, os dados foram processados através de métodos computacionais para classificação quanto ao tamanho das partículas que compõe a amostra. Foi utilizado o *software* SIGA (SANTIAGO *et al.*, 2004), cujos critérios de caracterização fundamentam-se em Folk & Ward (1957) onde são determinadas às percentagens relativas dos três componentes granulométricos básicos do sedimento (areia, silte, argila ou cascalho, areia e lama). Os parâmetros estatísticos analisados, segundo Suguio (1973), foram a média, desvio padrão, assimetria e curtose. Para a confecção dos histogramas foi utilizado o *software Excel* 2003 (Microsoft).

#### 6.4.2 Mineralogia

A metodologia aplicada na análise mineralógica das amostras é a mesma que Silva (1978) utilizou no estudo da proveniência de minerais pesados em areias praias do sudeste brasileiro, e Souza (2004) em seu trabalho de caracterização e distribuição de minerais pesados na plataforma continental Centro-norte de Santa Catarina. Esta fase foi realizada no Laboratório de Sedimentologia do CTTMar / UNIVALI.

Nesta fase do tratamento laboratorial, após lavagem e secagem, foi efetuada a separação da fração leve da fração pesada através de métodos usuais de separação gravitativa de minerais pesados por imersão em líquido denso (Bromofórmio,  $\text{CHBr}_3$ ,  $d=2,89$  à temperatura de  $20^\circ \text{C}$ ). Com auxílio de um funil de decantação, foram analisadas as classes de 3 e 4 *phi* ( $\phi$ ) (areia fina e muito fina, respectivamente) da escala de Wentworth (1922). Por fim, a fração leve foi descartada e os minerais pesados das duas classes granulométricas foram pesados e obtidos os seus percentuais em cada amostra e em cada fração de tamanho.

Posteriormente os minerais pesados foram submetidos à separação dos minerais magnéticos (magnetita e outros minerais com inclusões de ferro) através de um ímã de mão.

Em seguida, foi realizada a separação dos minerais em translúcidos e opacos, com o auxílio de lupas binoculares e com luz emitida, importante para verificar a translucidez.

Seguiu-se a contagem sistemática sob lupa binocular de 300 grãos como “N amostral” (100%), que de acordo com Galehouse (1971), apresenta assim uma boa

representatividade e um bom grau de confiança. Esta contagem foi efetuada apenas na fração de tamanho 4 *phi*, já que foi nesta fração que os minerais pesados ocorreram com mais frequência. Além disso, segundo Rubey (1933), este é o procedimento mais indicado, pois evita que a composição mineralógica seja influenciada pelo tamanho do sedimento. O método utilizado para a contagem foi o *line-counting*, proposto por Griffiths (1967) e Galehouse (1971), no qual consiste na contagem dos grãos ao longo de linhas transversais equidistantemente espaçadas na lâmina. Foi utilizado um papel milimetrado na parte inferior da lâmina, com a finalidade de servir de guia facilitando a contagem.

Em seguida foi realizada a identificação dos 300 grãos minerais em lupa binocular, observando as características intrínsecas de brilho, cor e hábito de cristalização, através de uma análise quali-quantitativa, para a mesma classe de tamanho 4 *phi* em cada amostra. Para esta identificação, foram utilizados métodos comparativos visuais e com auxílio de Atlas Fotográfico de Classificação de Minerais Pesados (DEVISMES, 1978; ADDAD, 2001).

## 6.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Com os percentuais das frações de minerais pesados em cada classe (3 e 4 *phi*), foram elaborados gráficos de concentração de minerais pesados e mapas temáticos de concentração e distribuição de minerais pesados por classe de tamanho. Os gráficos foram confeccionados com o *software Excel 2000 (Microsoft)* e os mapas utilizando-se o *software ArcMap 3.81 (ArcGIS)*. As rotinas de interpolação disponíveis no *ArcMap* permitem opções de escolha entre aquelas que melhor se adaptam aos dados que estão sendo processados. Para a geração dos mapas de porcentagens de minerais pesados foi utilizado a “*Natural Neighbors*” como método de interpolação para se visualizar os padrões de dispersão dos minerais pesados pela área de estudo.

Posteriormente, os resultados da contagem de cada espécie mineral na fração 4 *phi* foram convertidos em valores de percentagem e transformados em um gráfico de frequência por espécies. Com estes valores foram confeccionados gráficos e mapas temáticos de porcentagens de minerais pesados para as espécies mais frequentes, onde também foram utilizados os mesmos *softwares* e a mesma

rotina de interpolação, sendo que a “*Natural Neighbors*” foi a que também melhor se adaptou aos dados processados.

Para os cálculos estatísticos, foi utilizado o método de Análise de Componentes Principais (ACP) nos minerais transparentes para identificar as assembléias de minerais pesados e avaliar os padrões de transporte dos sedimentos em relação as suas diferentes fontes. Segundo Cascalho (2000), esta é uma técnica de análise fatorial que tem o princípio de, num espaço multidimensional de variáveis referentes a um conjunto de dados analisados, procurar um padrão estatisticamente válido de variâncias e covariâncias entre variáveis e as amostras. Este padrão é obtido a partir da extração dos altos valores (*eigenvalues*) e altos vetores (*eigenvectors*) de uma matriz quadrada. Desta forma, tem-se um sistema reduzido de coordenadas, proporcionando informações sobre as semelhanças mineralógicas e sedimentológicas das amostras.

## 6.6 GEOPROCESSAMENTO

Nesta última etapa foram desenvolvidas as atividades finais de geoprocessamento, através da análise da base cartográfica utilizada e a construção do mapa geológico da área de estudo. Sobre esta base foram plotados os pontos de amostragem e delimitados os contatos geológicos, utilizando-se dos *softwares* *ArcMap GIS 9.1* (SIG) e *Corel Draw 12* (Corel Corporation). Optou-se também como base, a utilização de outros mapeamentos realizados na área de estudo (DNPM, 1986; MARTIN *et al.*, 1988; HORN FILHO & DIEHL, 1994; HORN FILHO *et al.*, 1996; AMIN JR., 1999; CARUSO JR. & ARAÚJO, 1999) a fim de se ter um melhor embasamento dos contatos geológicos e das litologias presentes na área de estudo.

## 7 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentadas as principais características geológicas, geomorfológicas e estratigráficas da planície costeira, além dos aspectos sedimentológicos, granulométricos e mineralógicos dos ambientes mapeados na área de estudo.

### 7.1 GEOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DA PLANÍCIE COSTEIRA

Os mapas geológicos que englobam a região de estudo, publicados pelo DNPM (1986), Martin *et al.* (1988) e Caruso Jr. & Araújo (1999), apresentam dois grupos de unidades geológicas fundamentais:

- (1) Unidades do embasamento cristalino – denominadas de Complexo Luis Alves em DNPM (1986) e Complexo Granulítico de Santa Catarina em Caruso Jr. & Araújo (1999); Complexo Brusque em DNPM (1986) e Caruso Jr. & Araújo (1999); Grupo Itajaí, em DNPM (1986); e Pré-Cambriano Indiferenciado, em Martin *et al.* (1988).
- (2) Unidades da planície costeira – designadas de Depósitos Continentais e Marinhos do Cenozóico em DNPM (1986); Depósitos Continentais, Marinhos e Lagunares do Quaternário em Martin *et al.* (1988); e Depósitos do Cenozóico em Caruso Jr. & Araújo (1999).

De certo modo, as unidades geológicas fundamentais definidas nos mapeamentos anteriores a esta pesquisa se repetem na área de estudo, contudo, a escala utilizada permitiu o detalhamento das mesmas.

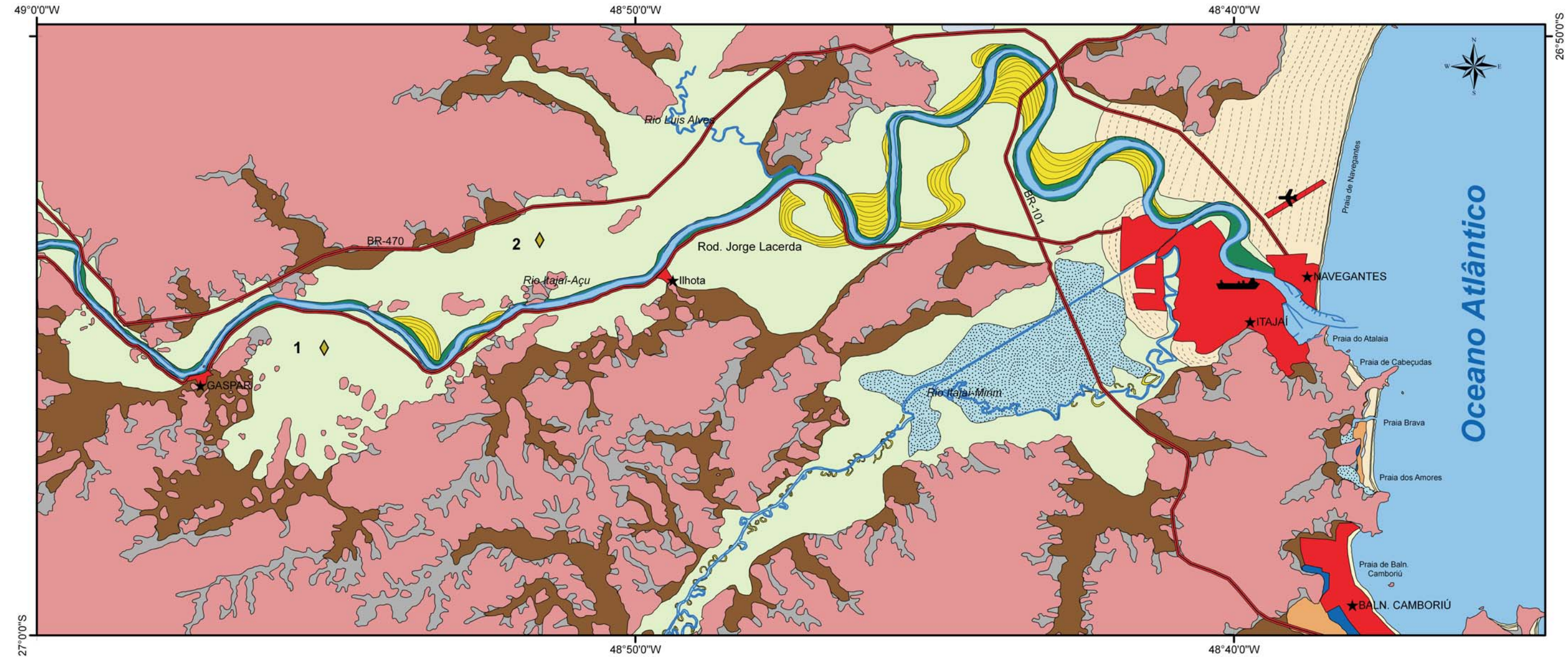
Neste trabalho, são apresentadas quinze unidades litoestratigráficas agregadas em seis sistemas deposicionais principais (Quadro 2 e Figura 17): (1) unidades do sistema cristalino; (2) unidades do sistema deposicional continental de encosta; (3) unidades do sistema deposicional laguna-barreira III e IV; (4) unidades do sistema deposicional fluvial; (5) unidades do sistema deposicional antropogênico e (6) unidades do sistema deposicional praial.

Do ponto de vista genético, evolutivo e composicional, estas unidades se relacionam, sugerindo-se o agrupamento das mesmas em um ambiente único e maior, denominado de planície costeira da região de Itajaí e Gaspar, que corresponde ao setor emerso da bacia de Santos no sul do Brasil.

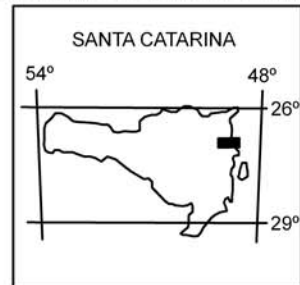
QUADRO 2 – Unidades litoestratigráficas da planície costeira da área de estudo.

Província geológica	Sistema	Idade		Unidade litoestratigráfica	
Planície costeira	Praial	Quinário	Recente	Depósito marinho praial	
				Depósito eólico	
				Depósito tecnogênico	
	Antropogênico	Quaternário	Holoceno	Depósito antropogênico	
				Depósito fluvial de planície de inundação	
				Depósito fluvial de barra de meandro	
	Depósito fluvial de canal				
	Depósito lagunar				
	Depósito flúvio-lagunar				
	Depósito marinho praial				
	Laguna-barreira IV			Pleistoceno superior	Depósito lagunar
					Depósito eólico recobrindo marinho praial
			Continental de encosta		Indiferenciado
	Depósito coluvial				
Embasamento	Cristalino	Pré-Cenozóico		Embasamento cristalino indiferenciado	

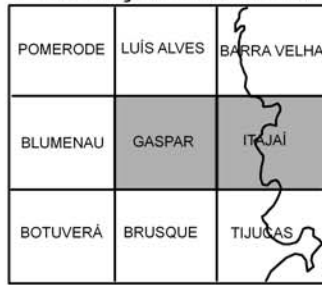




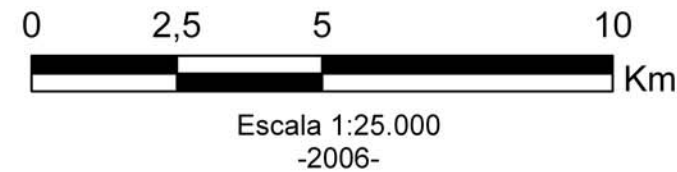
Localização das folhas no Estado



Articulação das folhas



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Programa de Pós-graduação em Geografia



Convenções geológicas		Convenções cartográficas	
Cristas de cordões litorâneos		Rodovias	
Cristas de barra de meandros		Área urbana	
Contato geológico		Aeroporto	
Sambaqui Gaspar 1	1	Porto	
Sambaqui Gaspar 2	2	Hidrografia	

Base Cartográfica IBGE  
SG-22-Z-B-V-3 (1981)  
SG-22-Z-B-V-4 (1991)  
Escala original 1:50.000

Coluna Estratigráfica

Planície Costeira	Praial	Quinário	Recente	Dep. Marinho praial
	Antropogênico			Dep. Eólico
	Fluvial			Dep. Tecnogênico
	Laguna-barreira IV	Quaternário	Holoceno	 Dep. Antropogênico  Dep. Fluvial de planície de inundação  Dep. Fluvial de barra de meandro  Dep. Fluvial de canal  Dep. Lagunar  Dep. Flúvio-lagunar  Dep. Marinho praial
	Laguna-barreira III		Pleistoceno Superior	 Dep. Lagunar  Dep. Eólico recobrindo marinho praial
	Continental de encosta		Indiferenciado	 Dep. Leque aluvial  Dep. Coluvial
Embasamento	Cristalino	Pré-cenozóico		 Embasamento cristalino indiferenciado
Província	Sistema	Idade		Unidade litoestratigráfica

FIGURA 17 Mapa geológico da planície costeira das folhas Itajaí e Gaspar, Santa Catarina, Brasil



Esta planície representa o segmento emerso da bacia de Santos no litoral Centro-norte catarinense, associado às fácies sedimentares submersas não aflorantes da plataforma continental, geradas durante os eventos transgressivos e regressivos do Pleistoceno superior e Holoceno. Assim, a província costeira do litoral Centro-norte catarinense é constituída das rochas do substrato do embasamento e dos depósitos superficiais da planície costeira e da plataforma continental, respectivamente.

As unidades litoestratigráficas que correspondem aos depósitos continentais e depósitos do sistema deposicional litorâneo superam em área geográfica as rochas associadas ao Embasamento cristalino indiferenciado.

### **7.1.1 Embasamento cristalino indiferenciado**

O Embasamento cristalino indiferenciado representado na área de estudo pelo Escudo Catarinense consiste de maciços rochosos, elevações isoladas e promontórios, os quais constituem do ponto de vista geomorfológico as terras altas do setor setentrional das serras do Leste Catarinense.

As unidades geológicas que compõem o embasamento totalizam cerca de 40% da área mapeada e pertencem aos elementos tectônicos Cráton de Luís Alves e Cinturão Dom Feliciano (SANTOS *et al.*, 1984). Estas unidades representadas no mapa geológico como pertencentes ao Embasamento cristalino indiferenciado, incluem: o Complexo Granulítico de Santa Catarina (Arqueano), o Complexo Brusque (Proterozóico inferior) e o Grupo Itajaí (Proterozóico inferior).

O Complexo Granulítico de Santa Catarina localizado na margem norte do rio Itajaí-Açu, é constituído por rochas metamorfizadas da fácies granulito, retromorfizadas ou não, na fácies anfibolito e xisto-verde. As litologias mais comuns são gnaisses quartzo-feldspáticos, gnaisses calcossilicáticos, kinzigitos, anortositos, quartzitos e formações ferríferas. Apresentam estruturas gnáissicas, bandadas, migmatíticas raramente isótropas, em geral, miloníticas com forte transposição (DNPM, 1986). Localmente o Complexo Granulítico de Santa Catarina está representado por uma seqüência de rochas maciças quartzo-feldspáticas, textura granoblástica hipidiomórfica onde o feldspato alcalino possui forma de “*augens*” e o quartzo é intersticial e xenomórfico (BORGES, 2006).

Petrograficamente, segundo Siga Júnior *et al.* (1993), observa-se nos gnaisses granulíticos a presença de quartzo, plagioclásio (oligoclásio-andesina), hiperstênio, diopsídio, hornblenda (verde amarronada), biotita titanífera (marrom-avermelhada) e, mais raramente, granada. Como acessórios, são comuns o zircão, apatita, rutilo e minerais opacos (magnetita e hematita). A fácies granulito é caracterizada e definida pelo hiperstênio. A ocorrência de hornblenda em coroas de reação nos piroxênios sugere retromorfismo da fácies anfibolito. Localmente, próximo às zonas de cisalhamento, ocorrem epidoto e clorita, denotando um evento retrometamórfico da fácies xisto-verde.

Biondi *et al.* (2001) afirmaram que a maioria das rochas do Complexo Granulítico é constituída de granulitos noríticos a enderbíticos e anfibolitos, além de migmatitos estromáticos e gnaisses félsicos e/ou feldspáticos (rosados). Petrograficamente, segundo os mesmos autores, a composição dos granulitos do complexo é muito variada, com 30-60% de plagioclásio, 0-42% de ortoclásio, 0-50% de microclínio, 0-40% de quartzo, 0-10% de diopsídio, 0-60% de hornblenda, 0-10% de ortopiroxênio, 0-7% de biotita e até 4% de ilmeno-magnetita. Também estão presentes apatita, zircão, rutilo, clorita, epidoto, esfeno, actinolita, hematita, talco, serpentina e sericita. O ouro também ocorrente, é lavrado em minas na região a mais de 10 anos. O corpo mineralizado é constituído por veios maciços de siderita e ankerita, com espessuras centimétricas e cores creme amarronadas, que ocorrem isolados, margeando ou mesclados a veios, também maciços, de quartzo leitoso com aglomerados de carbonatos e cloritas (BIONDI *et al.*, 2001).

Mais ao sul da área, já em contato tectônico (provável zona de falha inversa) com os sedimentos do Grupo Itajaí, segundo Grasso (2003), o complexo é formado por gnaisses bandados de composição intermediária a básica com coloração cinza escura a média, intercalado com bandas centimétricas rosadas de composição quartzo- feldspáticas. As fácies correspondentes a essa unidade são “fácies biotita gnaiss tonalítico com granada” e “fácies hornblenda gnaiss granítico”. A rocha representante dessa primeira fácies é formada por feldspato, quartzo e biotita, granulometria fina, textura lepidogranoblástica, estrutura foliada, sendo proeminente o bandamento dos minerais máficos alternado a bandas félsicas. A mineralogia primária principal dessa rocha é quartzo, andesina, biotita e granada, cristais opacos, carbonato e allanita, muscovita, clorita e sericita. A segunda fácies é composto por uma rocha mais clara que a anterior, com a presença de feldspato

alcalino de coloração rosa e granulação grossa compondo a mineralogia essencial, junto com quartzo, plagioclásio e máficos, sua textura é tipicamente granoblástica grosseira e sua estrutura é gnáissica, fortemente bandada. Distinguem-se claramente bandas félsicas intercaladas a bandas máficas. A mineralogia primária essencial é microclínio, andesina, quartzo e hornblenda, allanita, zircão, opacos, carbonato e apatita, muscovita, epidoto e clorita.

O Complexo Metamórfico Brusque (Fig. 18), representado no setor Sudeste-Sul da área de estudo, é composto por rochas filitosas, filonitos, quartzo filitos, clorita xistos e quartzo-sericita-clorita xistos e quartzitos com forte ângulo de xistosidade (BORGES, 2006). Segundo DNPM (1986), os litotipos de maior grau de metamorfismo regional são granada micaxistos, quartzo micaxistos a granada. Subordinadamente ocorrem mármore, metabasaltos, quartzitos micáceos e metaconglomerados, associados a seqüências carbonáticas e vulcano-sedimentar metamorfizadas. Possui quatro fazes de deformação regional, sendo as duas primeiras precoces, caracterizadas por forte transposição e, as duas últimas, menos intensas, responsáveis pelas megaestruturas a nível de afloramentos.

Segundo Caldasso *et al.* (1995), O Complexo Brusque no extremo sul da área agrupa as unidades vulcano-sedimentares (rochas metabásicas porfiríticas e xistos magnesianos, metagabros, metabasaltos finos, metapelitos, metarritmitos pelítico-arenosos e metacalcários), carbonáticas (metacalcários, metapelitos, rochas metabásicas porfiríticas e xistos magnesianos), siliciclásticas pelito-arenosas (filitos e filitos grafitosos, micaxistos e quartzitos micáceos granatíferos) e siliciclásticas areno-pelíticas (metarritmitos pelítico-arenosos). Os corpos granitóides intrudidos são compostos por biotita-hornblenda sienito a sieno-monzogranito e granodioritos.

Os metassedimentos do Complexo Metamórfico Brusque, segundo Grasso (2003), aparecem encaixando os corpos graníticos intrusivos. Suas litologias variam entre sericita-quartzo xisto esbranquiçado a quartzo-sericita xisto, branco, finamente foliado, além de sericita-biotita xisto e sericita-biotita xisto com granada, finamente foliados. Existem ainda várias lentes de quartzitos micáceos, de coloração branca, estrutura maciça e textura lepidogranoblástica.



**FIGURA 18 – Detalhe do xisto do Complexo Brusque, afloramento localizado no setor leste da área de estudo próximo a Itajaí.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

Dentro dessa unidade litológica, há um extenso e estreito corpo leucogranítico milonítico, com textura porfiroclástica e estrutura milonítica, finamente foliado. As fácies correspondentes a essa unidade são “fácies milonítica” e “fácies ultramilonítica”. Essas duas fácies podem representar diferentes intensidades do grau de milonitização sendo sugerido um incremento no grau de milonitização no rumo sul. A mineralogia é formada por feldspato alcalino mesopertítico e quartzo, os acessórios são minerais opacos, zircão e hidróxidos de ferro.

Como corpos graníticos intrusivos no complexo ocorrem biotitamonzogranitos, foliados, branco-rosados, divididos em duas fácies: “fácies biotita monzogranito cinza com textura inequigranular grossa” e “fácies biotita monzogranito branco com textura equigranular fina”. Os biotita monzogranitos parecem representar a borda, mais deformada, da unidade biotita leucogranito porfirítico, isótropo ou com estruturas de fluxo magmático. Os minerais principais são quartzo, microclínio, andesina e biotita e como acessórios aparecem opacos, titanita, zircão e epidoto, muscovita e clorita.

A unidade biotita leucogranito porfirítico é um maciço granítico e divide-se em três fácies: “fácies biotita leucogranito porfirítico”, “fácies microleucogranito” e “fácies leucogranito porfirítico cataclástico”. As duas primeiras apresentam diferenças predominantemente texturais. A mineralogia primária é formada por quartzo,

microclínio, andesina e biotita, como minerais acessórios têm-se titanita, opacos e zircão; epidoto, clorita, sericita, muscovita e hidróxidos de ferro.

A unidade biotita leucogranito equi a inequigranular, localmente porfirítico aparece no extremo nordeste da unidade anterior, devendo representar possivelmente a última manifestação magmática do maciço granítico. Ocorrem corpos de biotita granitos cinza médio, equigranulares com titanita. Esses corpos graníticos desenvolveram uma auréola de metamorfismo de contato em suas rochas encaixantes, como pode ser constatado com o crescimento de porfiroblastos centimétricos pós-cinemáticos de andaluzita em grafita-sericita xistos aflorantes nas proximidades da intrusão granítica pós-tectônica.

Ocorre ainda uma unidade alongada e estreita faixa de leucognaisses, com os megacristais de feldspato potássico róseo e quartzo fortemente estirados na foliação milonítica. A unidade é dividida, por sua vez, em três fácies distintas: “fácies augen gnaiss rosado”, “fácies gnaiss tonalítico” e “fácies metadacito porfirítico”. As duas primeiras diferem-se em termos de mineralogia e textura, pois a fácies augen gnaiss rosado apresenta seus cristais de feldspato centimétricos e muito bem desenvolvidos na estrutura augen, enquanto a fácies gnaiss tonalítico apresenta uma coloração mais escura, conferindo um índice de cor mais elevado, além do que o feldspato predominante é o plagioclásio, sendo o feldspato alcalino apenas acessório. Pode-se considerar uma característica em comum dessas duas fácies o fato de serem ambas caracterizadas por ortognaisses quartzo-feldspáticos. A mineralogia primária é composta por quartzo, microclínio, andesina, muscovita e biotita; e como acessórios, opacos, zircão e epidoto, clorita, sericita, muscovita, carbonatos e hidróxidos de ferro.

Em contato com a unidade de leucognaisses aparece uma estreita faixa de quartzito micáceo, cinza-esbranquiçado, impuro, com evidente foliação milonítica.

Em contato com esta unidade tem-se uma unidade composta de sericita-quartzo xistos, localmente centimetricamente bandados. Observam-se, ainda, lentes de mármore impuro, micáceo, bastante recristalizadas.

O conjunto acima descrito, composto por metassedimentos e rochas ígneas com diferentes graus de deformação passa, após contato tectônico, para um conjunto essencialmente metassedimentar. Esse segundo conjunto é composto por sericita xistos finos, cinza azulados, passando lateralmente a sericita xistos

bandados com alternância centimétrica entre níveis pelíticos e pelito-psamíticos e grafita xistos e ocasionais intercalações de rochas carbonáticas.

O Grupo Itajaí, contido em uma bacia alongada e limitada na maior parte do seu perímetro por falhas e zonas de cisalhamento que o separam do Complexo Granulítico, é composto por um conjunto de sedimentos detríticos, encimados e atravessados por riolitos e granitos (BASEI, 1985). A porção basal, segundo Santos *et al.* (1984), é em geral definida por uma seqüência predominantemente pelítica constituída por folhelhos, siltitos, arenitos finos e às vezes ritmicamente acamadados, além de ardósias escuras e argilitos. As estruturas primárias incluem além do acamadamento rítmico, acamadamento gradacional e também plano-paralelo. O topo da seqüência é formado por litologias de natureza psamítico-psefítica, constituído por ortoconglomerados polimíticos grosseiros intercalados em bancos de arenitos arcoseanos muito grosseiros, com estratificações cruzadas de pequeno porte a plano-paralelas. Esta seqüência superior corresponde à Formação Gaspar e ao Conglomerado Baú (Fig. 19).



**FIGURA 19 – Detalhe do Conglomerado Baú, correspondente ao Grupo Itajaí, afloramento localizado no setor central da área de estudo próximo a Ilhota.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

Segundo Grasso (2003), na parte sul da área de estudo, o Grupo Itajaí é composto por uma unidade de siltitos arroxeados, com estratificação plano paralela

e freqüentes intercalações lenticulares de siltitos arenosos esbranquiçados, arenitos arcoseanos bordô e, subordinadamente, paraconglomerados.

Também apresenta uma unidade de arenitos imaturos arroxeados com estratificação cruzada acanalada na base e/ou plano-paralela de pequeno a médio porte, intercalando, rumo ao topo, níveis de conglomerados polimíticos com clastos milimétricos de quartzo leitoso, quartzito, gnaisses, siltitos e arenitos arcoseanos.

Por fim, é composta por uma unidade onde predominam conglomerados polimíticos clasto sustentado, com quantidade de matriz entre 5 e 35%, com clastos de quartzito, gnaisses, quartzo de veio e, raramente, arenitos, com clastos centimétricos. Parte importante dessa unidade é composta por arenitos arcoseanos e arenitos conglomeráticos maciços e de cor bordô.

Na área de estudo, o Embasamento cristalino indiferenciado ocupa três áreas principais de afloramentos: (1) no setor noroeste, na forma de um grande maciço, na localidade de Alto Baú, destacando a elevação do Morro do Baú; (2) no setor sudoeste, na forma de maciços interligados por sedimentação continental, destacando-se as elevações das localidades de Alto Gasparinho, Olho Grande e São Roque; (3) no setor sudeste, caracterizado por maciços das localidades de Arraial dos Cunha e Canhanduba.

A ação dos processos intempéricos sobre as rochas matrizes preexistentes propiciou o desenvolvimento de espessos pacotes de solos eluviais de natureza predominantemente gnáissico-granítico e xistoso. Os feldspatos se alteram para argilo-minerais do grupo das ilitas e caulinitas; os minerais máficos (hornblenda, piroxênios e micas) produzem argilas ricas em ferro (limonita) e magnésio e o quartzo permanece pouco intemperizado, geralmente reduzido a grãos de granulometria menor (grânulos e areia muito grossa).

Posteriormente, estes elúvios a partir de fluxos gravitacionais torrenciais nas encostas das elevações, vêm a constituir importantes depósitos coluviais, depósitos de leques aluviais e depósitos aluviais.

### **7.1.2 Sistema deposicional continental de encosta**

No sopé das elevações desenvolve-se o sistema deposicional continental de encosta, interface entre os sedimentos costeiros pleistocênicos e holocênicos e as rochas e elúvios associados do Embasamento cristalino indiferenciado. Compreende



à montante do sistema os depósitos coluviais e à jusante, os depósitos de leques aluviais. Devido ao contínuo caráter de sedimentação ocorrido durante todo o Quaternário até atualmente, neste trabalho os depósitos coluviais e leques aluviais foram considerados indivisos.

#### 7.1.2.1 Depósito coluvial

Os depósitos coluviais, essencialmente terrígenos, estão distribuídos nas encostas do embasamento e elúvios associados, principalmente nas vertentes dos Grupo Brusque e Grupo Itajaí, perfazendo cerca de 5% da área mapeada. Aparecem como elevações isoladas em meio aos depósitos mais recentes da planície costeira, com altitudes médias de 20 m, ou encaixados nas paleodrenagens e drenagens dos maciços rochosos, morfologicamente apresentando-se como rampas coluviais e tálus. Nesta pesquisa, foram considerados como colúvios todos aqueles depósitos continentais associados às vertentes e que não foram classificados como leques aluviais.

Estes depósitos se acumulam devido a atuação conjunta da dinâmica das águas pluviais e da ação da gravidade, evidenciando geralmente pouco retrabalhamento em ambiente aquoso, devido à proximidade da área fonte.

São bastante freqüentes, de características homogêneas e constituídos de uma mistura de sedimentos arenosos, silticos e argilosos, de grãos imaturos e angulosos. Em meio a estes sedimentos, podem ser observados clastos com granulometria que vão desde grânulos a matacões. Litologicamente, predominam entre estes clastos, os granitos e gnaisses do Embasamento cristalino indiferenciado (Fig. 20).

Os sedimentos se mostram de cores variadas, muito pobremente selecionados, assimetria positiva, curtose mesocúrtica, predominando a classe de silte médio como diâmetro médio, e as fácies lama com areia e areia com lama para as amostras analisadas.



**FIGURA 20 – Depósito coluvial do Quaternário indiferenciado; afloramento localizado no setor nordeste da área de estudo, na localidade de Ribeirão Arraial, Gaspar.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

#### 7.1.2.2 Depósito de leque aluvial

Os depósitos de leques aluviais, que ocupam cerca de 20% da área mapeada, afloram nos setores norte-noroeste, sul-sudoeste e sudeste da planície costeira, com altitudes médias de 14 m, quase inexistindo no setor centro-leste.

Nestes setores, os leques aluviais ocorrem restritos a uma larga faixa sedimentar orientada em várias direções entre os maciços cristalinos, apresentando em alguns pontos, larguras médias de alguns quilômetros. Afloram junto aos depósitos fluviais de inundação das planícies dos rios Itajaí-Mirim e Itajaí-Açu.

Estes depósitos são formados pela emissão em várias direções de sedimentos à jusante das elevações, que se espalham declive abaixo, a partir de diversos pontos elevados situados na base do Embasamento cristalino indiferenciado e dos depósitos coluviais, configurando superfícies em formas de cone ou leque (Fig. 21). Superficialmente são mais dissecados devido à maior precipitação, gerando gradientes mais suaves. Por outro lado, a menor precipitação tem favorecido o acúmulo de sedimentos em gradientes mais íngremes.



**FIGURA 21 – Depósito de leque aluvial do Quaternário indiferenciado, localizado no setor central da área de estudo, na localidade de Boa Vista, Ilhota.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

O sedimento possui selecionamento muito pobre, a assimetria é positiva e a curtose é mesocúrtica, dominando os siltes e argilas sobre as areias e cascalhos. A fácies argilo siltico-arenosa predomina entre os sedimentos, os quais às vezes se apresentam estratificados, com presença de camadas de clastos mais grossos, compostos de granitos a gnaisses arredondados.

### **7.1.3 Sistema deposicional laguna-barreira III**

Neste sistema são agrupados os depósitos lagunares e os depósitos eólicos recobrimdo depósitos marinho praias, formadores do sistema laguna-barreira III, correlacionados cronologicamente aos eventos transgressivos e regressivos do final do Pleistoceno (120 Ka AP).

O episódio máximo transgressivo do Pleistoceno tardio foi responsável pelo afogamento dos vales fluviais, gerando pequenos corpos lagunares. Originou na área mapeada o depósito lagunar pleistocênico sob a forma de terraço lagunar, o qual situa-se em cotas de 8-10m. A regressão subsequente, acompanhada da

progradação da planície costeira, veio engordar o embrião do depósito marinho, o qual foi recoberto pelo depósito eólico pleistocênico,

Estes depósitos representam o conhecido nível marinho alto de 120 Ka AP do Pleistoceno superior, correlacionado ao evento transgressivo marinho da Transgressão Cananéia (SUGUIO & MARTIN, 1978), da Penúltima Transgressão (BITTENCOURT *et al.*, 1979) ou da Transgressão Pleistocênica III (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995), definidos para os litorais paulista, nordeste e riograndense brasileiros, respectivamente.

#### 7.1.3.1 Depósito eólico recobrindo depósito marinho praiial

Estes depósitos são pouco desenvolvidos na área de estudo, perfazendo cerca de 1% da área mapeada, onde se apresentam somente em áreas interiorizadas, protegidas pelos maciços do embasamento ou em contato direto com os depósitos aluviais e coluviais, no sistema praiial Brava-Amores e em Balneário Camboriú. À retaguarda deste depósito, são encontrados os depósitos lagunares pleistocênicos.

Correspondem a antigos depósitos de cordões praiiais regressivos em nível mais alto, com altitudes de cerca de 10 m, de idade pleistocênica, formados por areias marinhas quartzosas, finas a médias, com boa maturidade textural e mineralógica, de coloração amarelo acastanhado até avermelhado. Os grãos são predominantemente arredondados e de superfície fosca.

Encontram-se parcialmente recobertos por um pacote de areias eólicas, de coloração ocre amarronzada e granulometria fina a média, de aspecto maciço, apresentando-se geralmente fixados por vegetação arbustiva (Fig. 22).

A coloração destes depósitos se deve aos atuais processos pedogenéticos, através do enriquecimento por matriz secundária (argilas e óxidos de ferro).

Os sedimentos se apresentaram compostos exclusivamente por areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e muito simétrica.



**FIGURA 22 – Depósito eólico recobrindo depósito marinho praial, de idade pleistocênica, aflorantes na parte norte do sistema praial Brava-Amores.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

#### 7.1.3.2 Depósito lagunar

Os depósitos lagunares aparecem muito limitados (cerca de 0,1 % da área), encaixados entre as elevações do Embasamento cristalino indiferenciado, dos colúvios e dos terraços marinhos pleistocênicos. Representam as intercristas dos feixes litorâneos, de superfícies planas e altitudes médias de 10 m, a partir de projeções flúvio-lagunares paralelas à linha de costa atual. São observados em pequenas áreas no sistema praial Brava-Amores.

Caracterizam depósitos muito semelhantes aos lagunares holocênicos, porém, a sua posição em relação à linha de costa atual e as cotas mais elevadas, definiram-nos como de idade pleistocênica.

Segundo Caruso Jr. e Araújo (1999), os sedimentos representam depósitos de paleolagunas, turfosos e/ou lamosos, ricos em matéria orgânica, relacionados geneticamente a antigos corpos de água costeiros ressecados e colmatados.

Para este trabalho, optou-se pela não amostragem dos sedimentos deste depósito, visto que não se acredita que este venha ser uma fonte de disponibilização de minerais pesados para o ambiente praial e de plataforma continental.



#### 7.1.4 Sistema deposicional laguna-barreira IV

Neste sistema são agrupados os depósitos lagunares, os flúvio-lagunares e os depósitos marinho praias, formadores do sistema deposicional laguna-barreira IV, correlacionadas cronologicamente aos eventos transgressivos e regressivos do Holoceno (5 Ka AP).

Da mesma forma que os pleistocênicos, os depósitos marinhos simbolizam a barreira arenosa e os lagunares a retrobarreira areno-siltosa, ambos relacionados ao sistema deposicional laguna-barreira IV do Estado do Rio Grande do Sul (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995), em um nível marinho mais elevado que o atual. Estes originaram-se após o evento transgressivo da Última Transgressão ou Transgressão Santos (SUGUIO & MARTIN, 1978), correspondendo a nível global, aos eventos que sucederam à Transgressão Flandriana. Devido a esta transgressão, formou-se um novo sistema laguna-barreira que possibilitou as mesmas condições para a formação das fácies sedimentares já citadas no sistema laguna barreira III.

##### 7.1.4.1 Depósito marinho praias

Nas porções externas de terraços marinhos pleistocênicos, e freqüentemente separados deles por zonas baixas e pantanosas, ocorrem comumente terraços arenosos mais baixos que os pleistocênicos, de superfície plana a levemente ondulada, alternados com depressões úmidas e pouco enriquecidas em matéria orgânica.

Morfologicamente são formados por uma sucessão de cristas e cavas regressivas ou alinhamentos de cristas praias (*beach ridges*), contínuas e/ou descontínuas, orientadas paralelamente a linha de costa atual, alcançando altitudes máximas de 5 m nas elevações e de 1 m nas depressões. Estas cristas são acentuadamente visíveis sobre fotografias aéreas, principalmente no setor nordeste da área de estudo, adjacente à praia de Navegantes, com cerca de 7 km de largura. Também são observados no sistema praias Brava-Amores (Fig. 23), mas reduzidos a estreitas faixas, os quais juntos perfazem cerca de 5% da área de estudo.



**FIGURA 23 – Depósito marinho praial do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, no sistema praial Brava-Amores.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

Os depósitos são típicos do sistema deposicional “*strandplain*”, onde os sedimentos praias e eólicos representam as cristas e os terraços lagunares as depressões intercristas. Estes depósitos encontram-se justapostos com os terraços marinhos pleistocênicos de forma brusca e com os demais depósitos por meio interdigitado.

Sedimentologicamente consistem de areias finas e médias, selecionadas, maduras e quartzosas, com curtose leptocúrtica e assimetria positiva. Excepcionalmente, evidencia-se no sistema praial Brava-Amores, a predominância de areias quartzosas grossas e moderadamente selecionadas, caracterizando um episódio energético elevado. À retaguarda destes, no setor voltado para o continente, foram gerados sedimentos tipicamente lagunares. Nas cavas se apresentam como a classe dominante silte médio.

Os grãos são subarredondados a angulosos, e além dos quartzosos, foi observada a presença de minerais pesados, evidenciando juntamente com o quartzo típica estratificação horizontal (Fig. 24).



**FIGURA 24 – Laminação plano-paralela, à base de areias finas quartzosas sobrepostas à areias com concentrações de minerais pesados, dos cordões regressivos holocênicos de Navegantes.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

#### 7.1.4.2 Depósito lagunar

Os depósitos lagunares, na forma de terraços de até 4-5 m de altitude, aparecem nos entornos das lagoas e lagunas, consistindo de sedimentos areno-argilosos, de cor escura, sobrepostos a sedimentos arenosos de origem marinha, de cores mais claras, enriquecidos geralmente com matéria orgânica. São formados a partir de processos de inundação e erosão em depressões durante níveis marinhos holocênicos mais altos, quando a extensão lagunar atingia áreas maiores do que as atuais. São observados em pequenas áreas no sistema praiar Brava-Amores, formando atualmente brejos e pântanos (Fig. 25), representando cerca de 0,5% da área mapeada.

Os sedimentos constituintes são arenosos, de granulometria média, classificação moderada, simétricos e curtose platicúrtica.





**FIGURA 25 – Depósito lagunar do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, no sistema praia Brava-Amores.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

#### 7.1.4.3 Depósito flúvio-lagunar

Os depósitos flúvio-lagunares holocênicos, na forma de terraços isolados de superfície plana, originaram-se da progressiva colmatção de corpos lagunares, os quais foram expostos em uma zona de transição entre os terraços pleistocênicos e holocênicos e em locais abrigados e de baixa energia próximo aos cursos fluviais.

Estão presentes em cerca de 10% da área mapeada, limitando-se de modo interdigitado com os demais depósitos da planície costeira. Destacam-se em meio aos depósitos de planície de inundação do rio Itajaí-Mirim (Fig. 26) em uma expressiva área próximo a Itajaí. Também pode ser observado no sistema praial Brava-Amores na forma de pequenos corpos lagunares.

Os sedimentos são siltosos a arenosos finos, de coloração cinza-escuro e com quantidade razoável de matéria orgânica. Podem apresentar-se, em alguns pontos, recobertos por sedimentos turfáceos. O selecionamento é pobre, a assimetria é positiva e a curtose platicúrtica.



**FIGURA 26 – Depósito flúvio-lagunar do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, em Itajaí.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

#### **7.1.5 Sistema deposicional fluvial**

Os cursos fluviais representam agentes geológicos importantes no retrabalhamento dos sedimentos de origem coluvial, lagunar, eólica e marinha dos sistemas deposicionais de encosta e laguna-barreira. São responsáveis ainda pela acumulação de sedimentos nos canais ou nas margens dos principais rios da região, deposições estas que ocorreram indiferenciadamente durante todo o Quaternário, até os dias atuais.

Os depósitos fluviais que perfazem cerca de 40% da área mapeada, estão encaixados ou ao longo das drenagens dos rios Itajaí-Açu, Itajaí-Mirim e Luis Alves. Compreendem os depósitos de canal, os depósitos de barra de meandros e os depósitos de planície de inundação.

##### **7.1.5.1 Depósito fluvial de canal**

Os depósitos de canal estão situados ao longo dos canais fluviais e são provenientes da carga de suspensão dos rios nos episódios de cheias, nos quais o

sedimento é depositado nas laterais do canal, formando elevações ou diques marginais (Fig. 27).



**FIGURA 27 – Depósito fluvial de canal do Holoceno, localizado no setor leste da área de estudo, em Ilhota.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

Nos cursos superiores dos rios, os depósitos de canal são formados de sedimentos mais grosseiros, geralmente compostos de areias e seixos até matacões. Nos cursos inferiores, o selecionamento dos sedimentos é pobre, a assimetria é muito positiva, a curtose de mesocúrtica a platicúrtica, predominando como tamanho médio dos sedimentos o silte médio. A fácies predominante entre os sedimentos é silte argilo-arenoso.

#### 7.1.5.2 Depósito fluvial de barra de meandro

Os depósitos de barra de meandros aparecem mais confinados aos bancos convexos dos canais fluviais e abandonados, derivando do transporte de material arenoso por saltação e mais grosso por tração. São muito bem observados por fotografias aéreas, estando presentes em alguns trechos entre Gaspar e Ilhota e em



grandes extensões em Itajaí. O rio Itajaí-Mirim também apresenta uma grande quantidade de meandros abandonados ao longo do seu curso na área de estudo.

Morfológicamente, assim como nas cristas praias, são formados por uma sucessão de cristas e cavas, contínuas e/ou descontínuas, orientadas na direção do curso fluvial pretérito, alcançando altitudes máximas de 3 m nas elevações e de 1 m nas depressões (Fig. 28).

Estes depósitos são compostos por sedimentos argilo siltosos, cinza a marrom-escuro, pobremente selecionados, assimetria positiva e curtose platicúrtica. A fácies predominante é composta por argila siltico-arenosa.



**FIGURA 28 – Sucessão de cristas e cavas do depósito fluvial de barra de meandro, localizado no setor leste da área de estudo, na localidade de Volta de Cima, Itajaí.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (28/07/2006)

#### 7.1.5.3 Depósito fluvial de planície de inundação

Os depósitos de planície de inundação, de superfície plana a levemente inclinada, apresentam-se na área de estudo em grandes extensões, sempre adjacentes aos canais fluviais, sendo os depósitos fluviais que ocupam a maior área

(Fig. 29). Estes depósitos fazem contato com os depósitos continentais de encosta através de interdigitações muito suaves, dificultando a definição exata dos contatos.



**FIGURA 29 – Depósito fluvial de planície de inundação do Holoceno, localizado no setor central da área de estudo, na localidade de Espinheirinhos, Itajaí.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)

São constituídos por sedimentos siltico-argilosos, de coloração cinza-escuro, pobremente selecionado, assimetria negativa e curtose platicúrtica.

#### **7.1.6 Sistema deposicional antropogênico**

O sistema deposicional antropogênico, do Holoceno e Recente, é representado pelos depósitos antropogênicos e tecnogênicos, respectivamente. Ambos os depósitos não foram amostrados nesta pesquisa, mas optou-se por inseri-los no mapeamento geológico.

##### **7.1.6.1 Depósito antropogênico**

O depósito antropogênico, de idade holocênica, foi identificado em dois afloramentos, segundo Martin *et al.* (1988), com altitude média de 6 m, largura média

inferior a 100 m e constituído por sedimentos areno-argilosos, com diversos tipos de conchas e restos arqueológicos, o que permite defini-lo como sítio arqueológico tipo sambaqui.

Os sambaquis consistem predominantemente de conchas de moluscos misturadas a sedimentos arenosos, representando nas planícies costeiras do sul do Brasil, importantes evidências de nível marinho mais alto que o atual (SUGUIO, 1992).

Estes dois sítios foram chamados nesta pesquisa de Gaspar 1 (próximo a Gaspar) e Gaspar 2 (próximo a Ilhota). Segundo Martin *et al.* (1988), o sambaqui Gaspar 1 se apresenta em bom estado de conservação, em sedimentos continentais, com idade referenciada em laboratório de  $5.340 \pm 210$  anos AP; e o Gaspar 2 se apresenta destruído, com idades referenciadas de  $5.250 \pm 330$  anos AP.

#### 7.1.6.2 Depósito tecnogênico

O depósito tecnogênico, de idade Recente, está presente nos aterros mecânicos (Fig. 30), onde se encontra instalada atualmente as rodovias, estradas e os aglomerados urbanos dos municípios de Itajaí, Navegantes, Balneário Camboriú, Gaspar e Ilhota. A altitude média é de 5 m e a composição dominante areno-cascalhosa, típico de um sedimento muito mal selecionado.

#### 7.1.7 Sistema deposicional praial

Os depósitos marinhos praias recobertos por depósitos eólicos, na forma de duna, e os depósitos praias, representam os sedimentos do sistema deposicional praial (Fig. 31), de idade Quinária / Recente. Este sistema tem sua formação associada à dinâmica costeira, na interação de processos meteorológicos (vento e pressão atmosférica) e oceanográficos (ondas, correntes litorâneas e marés).



**FIGURA 30 – Depósito tecnogênico do Recente, localizado no setor leste da área de estudo, em Itajaí, onde se encontra assentada a BR 101.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)



**FIGURA 31 – Sistema deposicional praias, evidenciando os depósitos eólicos e praias do Recente, localizados no extremo nordeste da área, em Navegantes.**

Fonte: Denis Roberto de Souza (07/07/2006)



#### 7.1.7.1 Depósito eólico

Os depósitos eólicos litorâneos são mais bem observados nas praias de Navegantes, Brava e Amores (0,1% da área), em faixas alongadas e média de 50 m de largura, acompanhando a linha de costa atual, na retaguarda destas praias, representando o limite entre o ambiente praial e os depósitos holocênicos. As altitudes podem atingir até 3 m acima do nível do mar.

Estes depósitos apresentam a forma de dunas primárias fixas e vegetadas, sendo feições naturais da maioria das praias arenosas, recebendo contínuo aporte de sedimentos, transportados pelos ventos dominantes. Desempenham um papel importante na manutenção e preservação da integridade da morfologia da costa, atuando como barreiras dinâmicas contra a ação erosiva de ondas e tempestades locais, propiciando assim a formação de falésias.

Os sedimentos destas dunas apresentam-se estratificados a homogêneos, constituídos de grãos arenosos finos a médios, quartzosos e arredondados.

#### 7.1.7.2 Depósito marinho praial

Estes depósitos são amplamente observados ao longo de quase toda a costa da área de estudo (1% da área), formando as praias arenosas oceânicas de várias formas e tamanhos, sendo influenciadas principalmente pelo tamanho de grão, variável nestes depósitos, onde a granulometria normalmente está relacionada com a energia e intensidade das ondas e a morfologia dos locais. Estes depósitos são constituídos dos sedimentos atuais oriundos da deposição marinha (plataforma continental e planície costeira adjacente), pela ação das ondas, marés e correntes litorâneas, acumulados na faixa de praia.

Os sedimentos dos depósitos praias são compostos por areias finas a médias, quartzosas e com a presença marcante de minerais pesados, bem selecionadas, assimetria positiva e curtose mesocúrtica.

### 7.2 ASPECTOS GRANULOMÉTRICOS

#### 7.2.1 Planície costeira



As 22 amostras superficiais da planície costeira (Tabela 1) apresentam predominantemente sedimentos siltosos (50%) compostos por silte muito fino (18,18 %), com diâmetro médio de 7,8 *phi*; silte médio (18,18 %), com diâmetro médio de 4,8 *phi*, e silte fino (13,64 %), com diâmetro médio de 6,57 *phi*. Também estão presentes as areias (31,82 %), compostas por areia média (18,18 %) – 1,68 *phi*, areia fina (9,09 %) – 2,54 *phi*, e areia muito fina (4,55 %) – 2,78 *phi*. A argila grossa com diâmetro médio do grão de 8,66 *phi* ocorre em 18,18 % dos sedimentos. O diâmetro médio de todos os pontos da planície costeira foi de 5,53 *phi*.

Amostras muito pobremente selecionadas são a maioria e representam 77,27 %, seguido das amostras moderadamente selecionadas, com 18,18 % e as pobremente selecionadas, com 4,55 %. O desvio padrão médio foi de 2,41 *phi*.

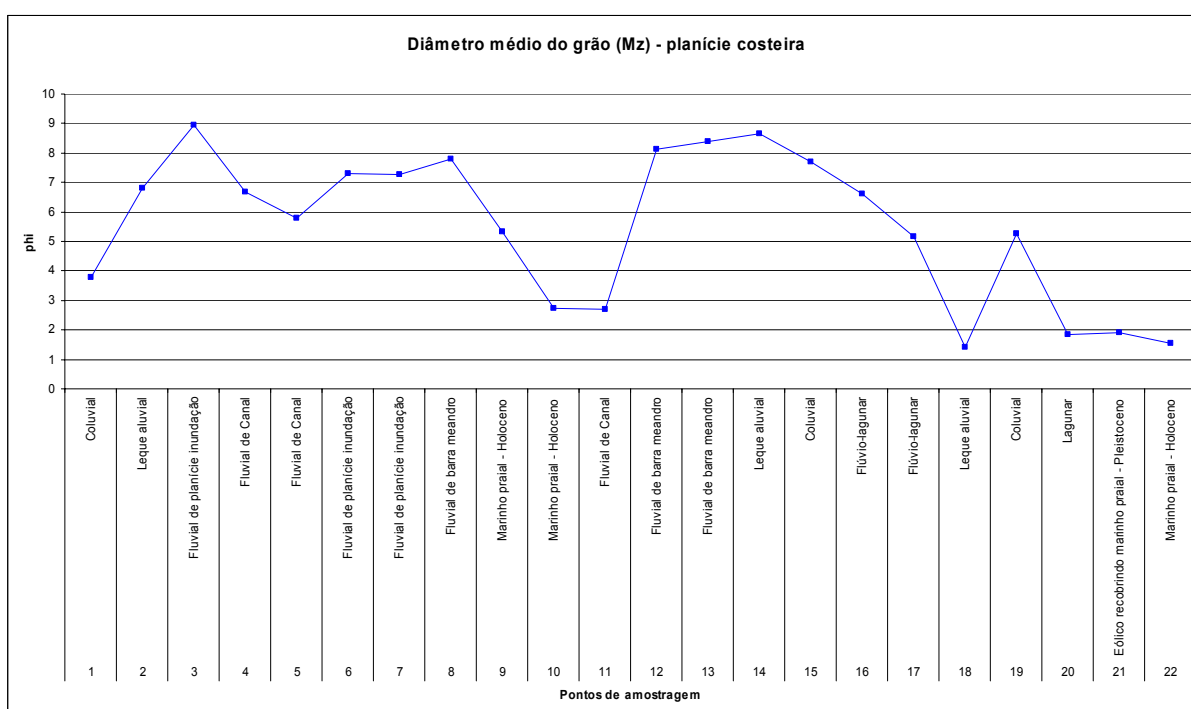
Quanto à assimetria, 32,82 % das amostras apresentam assimetria positiva (média de 0,21); 22,73 % assimetria muito positiva (média de 0,46); 22,73 % aproximadamente simétrica (média de -0,02); 13,64 % assimetria negativa (média de -0,16) e 9,09 % assimetria muito negativa (média de -0,3536). A assimetria média foi de 0,11.

TABELA 1 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos da planície costeira, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em  $\phi$ , grau de selecionamento das amostras (Dp) em  $\phi$ , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward (1954), Shepard (1973) e do depósito e idade a qual pertence a amostra.

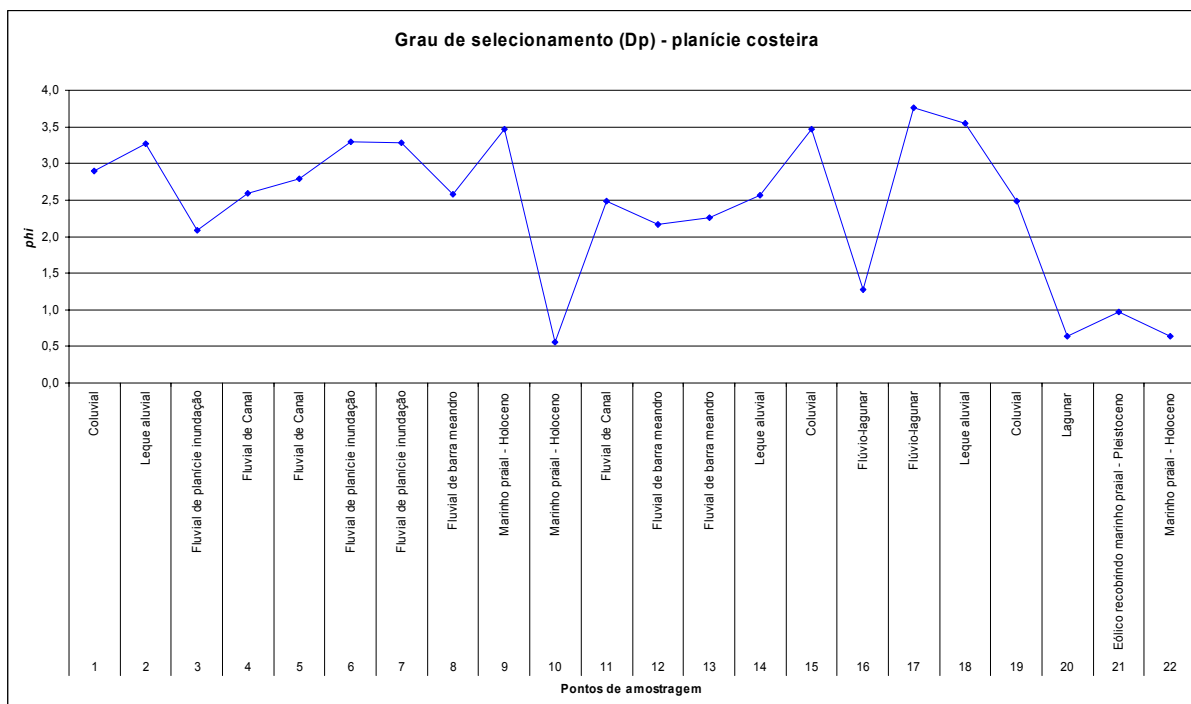
AMOSTRA	LAT (S)	LONG (W)	Mz	Dp	Ski	Kg	Folk & Ward (1954)	Shepard (1973)	Depósito	Idade
9	-26,8580	-48,6983	5,31	3,46	0,48	0,70	Silte médio	Areia argilosa	Marinho praial	Holoceno
10	-26,8591	-48,6639	2,74	0,55	0,26	1,07	Areia fina	Areia	Marinho praial	Holoceno
22	-26,9383	-48,6295	1,55	0,64	0,03	1,40	Areia média	Areia	Marinho praial	Holoceno
20	-26,9386	-48,6312	1,84	0,63	0,24	0,84	Areia média	Areia	Lagunar	Holoceno
16	-26,9284	-48,7183	6,61	1,27	0,17	1,12	Silte fino	Silte	Flúvio-lagunar	Holoceno
17	-26,9191	-48,7120	5,16	3,76	-0,06	0,69	Silte médio	Areia siltica argilosa	Flúvio-lagunar	Holoceno
4	-26,9086	-48,9238	6,67	2,59	0,25	0,90	Silte fino	Silte argiloso	Fluvial de canal	Holoceno
5	-26,8837	-48,8099	5,77	2,79	0,51	0,86	Silte médio	Silte argilo arenoso	Fluvial de canal	Holoceno
11	-26,8850	-48,6671	2,68	2,49	0,35	1,55	Areia fina	Areia	Fluvial de canal	Holoceno
8	-26,8655	-48,7063	7,80	2,58	-0,01	0,72	Silte muito fino	Argila siltica	Fluvial de barra de meandro	Holoceno
12	-26,8701	-48,6926	8,12	2,16	0,16	0,74	Argila grossa	Silte argiloso	Fluvial de barra de meandro	Holoceno
13	-26,8463	-48,7259	8,38	2,25	-0,03	0,74	Argila grossa	Argila siltica	Fluvial de barra de meandro	Holoceno
3	-26,8994	-48,9027	8,96	2,08	-0,17	0,85	Argila grossa	Argila siltica	Fluvial de planície inundação	Holoceno
6	-26,8639	-48,8137	7,30	3,29	-0,11	1,14	Silte muito fino	Silte argiloso	Fluvial de planície inundação	Holoceno
7	-26,8373	-48,7533	7,26	3,28	-0,20	0,70	Silte muito fino	Argila siltica	Fluvial de planície inundação	Holoceno
21	-26,9378	-48,6311	1,90	0,96	0,43	1,46	Areia média	Areia	Eólico recobrimdo marinho praial	Pleistoceno superior
2	-26,8909	-48,9252	6,81	3,27	-0,04	0,74	Silte fino	Argila siltica arenosa	Aluvial	Quaternário indiferenciado
14	-26,9137	-48,7818	8,66	2,57	-0,32	0,99	Argila grossa	Argila siltica	Aluvial	Quaternário indiferenciado
18	-26,9721	-48,7154	1,43	3,54	0,18	1,00	Areia média	Areia argilosa	Aluvial	Quaternário indiferenciado
1	-26,8751	-48,9607	3,79	2,89	0,55	0,96	Areia muito fina	Areia siltica	Coluvial	Quaternário indiferenciado
15	-26,9172	-48,7992	7,69	3,47	-0,38	0,96	Silte muito fino	Argila siltica	Coluvial	Quaternário indiferenciado
19	-26,9806	-48,7066	5,27	2,48	0,18	1,12	Silte médio	Silte arenoso	Coluvial	Quaternário indiferenciado

Quanto à curtose, 45,45 % das amostras foram classificadas como amostras platicúrticas (média de 0,76); 27,27 % como amostras mesocúrticas (média de 0,98); 33,73 % como leptocúrticas (média de 1,25) e 4,55 % como muito leptocúrticas (média de 1,55). A curtose média foi de 0,97.

A Figura 32 apresenta um gráfico com a distribuição do parâmetro diâmetro médio do grão (Mz) e a Figura 33 o grau de selecionamento das amostras (desvio padrão), demonstrando uma heterogeneidade nas características granulométricas da planície costeira. A variação no diâmetro médio do grão foi alta em quase todos os ambientes deposicionais, exceto no ambiente fluvial de canal (amostras 4, 5 e 11), no marinho praiar (amostras 9, 10 e 22) e no eólico recobrindo marinho praiar (amostra 21), onde esta variação foi proporcionalmente menor (Fig. 32), assim como o grau de selecionamento, que apresentou variações de valores que seguem esta mesma tendência (Fig. 33).



**FIGURA 32 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas na planície costeira.**

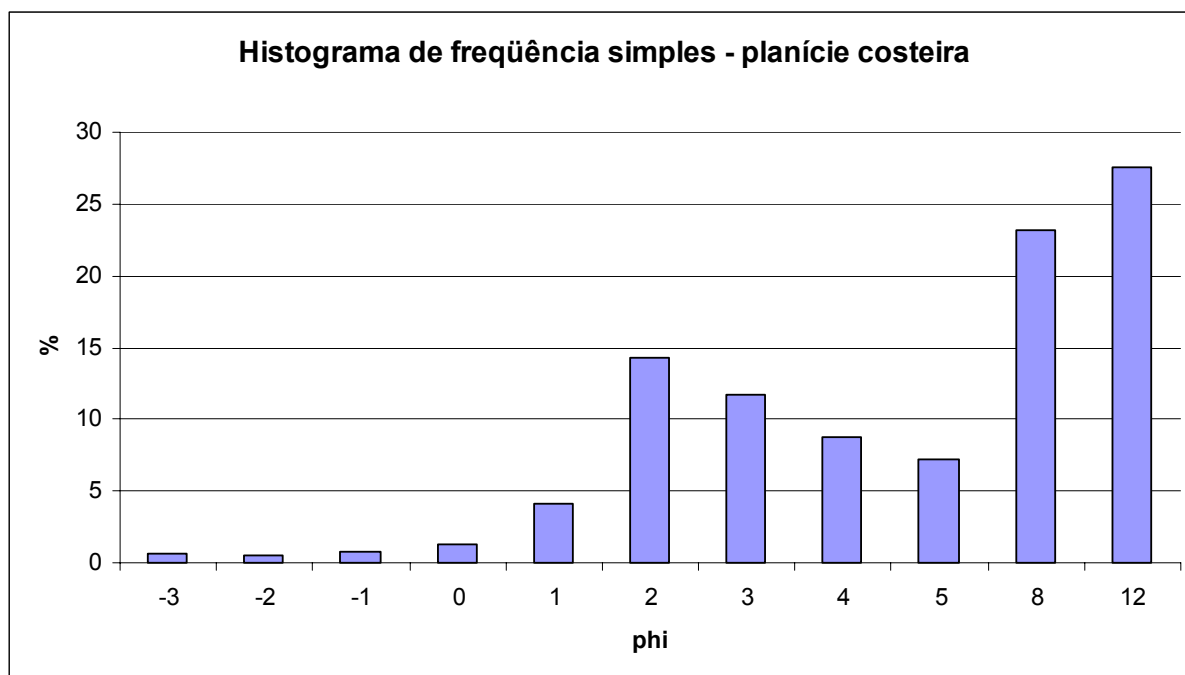


**FIGURA 33 – Grau de selecionamento das amostras coletadas na planície costeira.**

Da mesma forma que em toda a área de estudo, pode ser caracterizado uma variação modal na distribuição sedimentar da planície costeira devido ao tipo de transporte dominante ser diferente para os depósitos do sistema continental do Quaternário indiferenciado, os depósitos dos sistemas laguna barreira III e IV, os depósitos do sistema fluvial e os depósitos do sistema praial.

A Figura 34 apresenta o histograma de frequência simples representativos das amostras da planície costeira.

Observa-se no histograma que a moda na planície costeira corresponde a dois intervalos modais: 12,0 *phi* (argilas), seguido por 2,0 *phi* (areia média). A planície costeira, em geral, também é caracterizada por uma grande heterogeneidade para as características granulométricas dos sedimentos de diferentes origens.



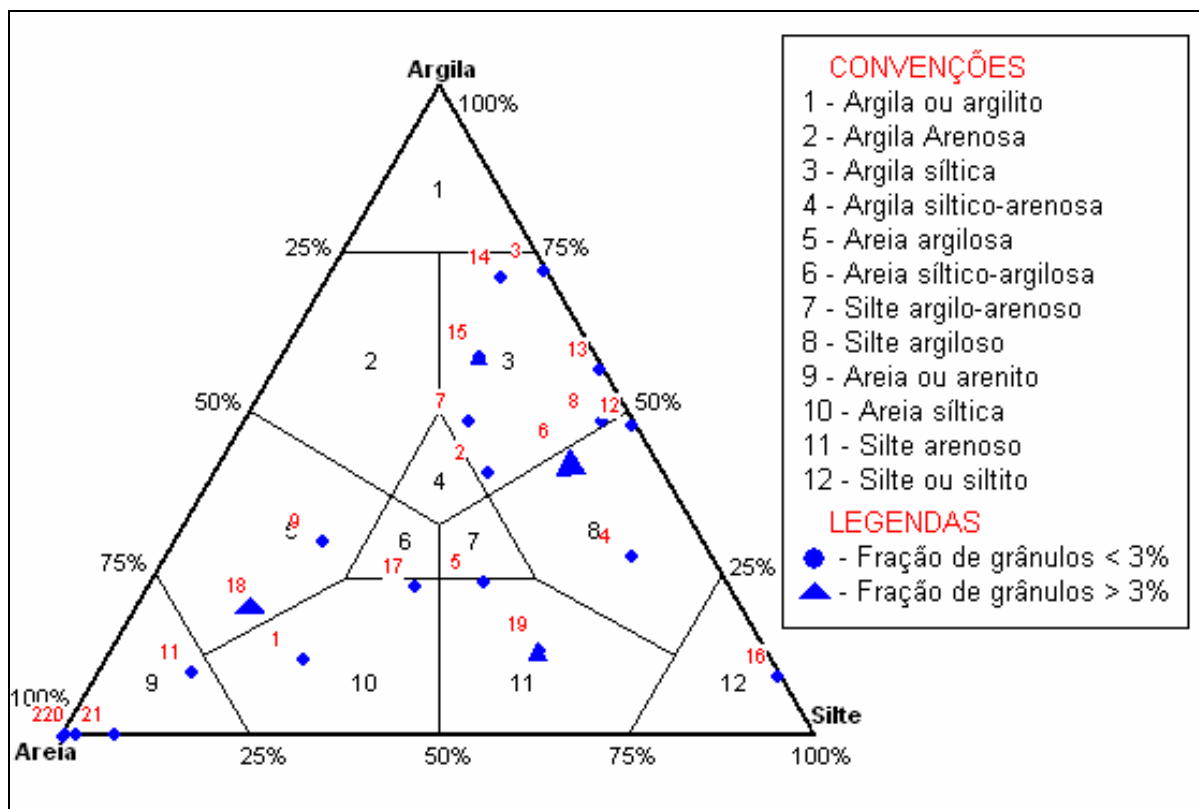
**FIGURA 34 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos da planície costeira.**

No diagrama triangular (Fig. 35) observa-se que na planície costeira a grande maioria das amostras estão classificadas como areias, seguido de argilas e siltes.

De modo geral, pode ser observado que no sistema deposicional de encosta, do Quaternário indiferenciado, os depósitos coluviais apresentaram sedimentos arenosos muito finos a siltosos médios, com diâmetro médio de 5,58 *phi* e muito mal selecionados, enquanto que os sedimentos dos depósitos aluviais se apresentaram como arenosos médios a argilosos grossos, com diâmetro médio de 5,63 *phi* e também muito mal selecionados.

Já no sistema deposicional laguna-barreira III, do Pleistoceno superior, o depósito eólico recobrindo marinho praial apresentou sedimentos arenosos médios, com diâmetro de 1,9 *phi* e moderadamente selecionados.

No sistema deposicional laguna-barreira IV, do Holoceno, os sedimentos dos depósitos flúvio-lagunares se apresentaram com diâmetro médio de 5,88 *phi*, variando do silte fino a médio e com um selecionamento muito pobre. Os sedimentos dos depósitos lagunares se apresentaram arenosos médios, com diâmetro de 1,84 *phi* e moderadamente selecionados. Já os sedimentos dos depósitos marinho praias variaram da areia média ao silte médio, com diâmetro de 3,2 *phi* e com um mau selecionamento.



**FIGURA 35 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos da planície costeira.**

Para o sistema deposicional fluvial, do Holoceno, os sedimentos dos depósitos de planície de inundação se apresentaram com diâmetro médio de 7,84 *phi*, variando do silte muito fino a argila grossa e muito mal selecionados. Os depósitos de barra de meandro apresentaram sedimentos siltosos muito finos a argilosos grossos, com diâmetro médio de 8,1 *phi* e muito mal selecionados. Já os sedimentos dos depósitos de canal se apresentaram arenosos finos a siltosos finos, com diâmetro médio de 5,04 *phi* e também muito mal selecionados.

### 7.2.2 Sistema praial

O sistema praial mapeado é constituído exclusivamente por sedimentos arenosos (100 %), compostos por areia média (50 %), com diâmetro médio de 1,88 *phi*; areia fina (33,33 %) (2,57 *phi*) e areia muito fina (16,67 %) (3,09 *phi*). O diâmetro médio de todos os pontos do sistema praial foi de 2,31 *phi* (Tabela 2).

Amostras moderadamente selecionadas representam a maioria com 83,33 %, enquanto que amostras bem selecionadas representam 16,67 %. O desvio padrão médio no sistema praial foi de 0,60 *phi*.

TABELA 2 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos das praias da área de estudo, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em  $\phi$ , grau de selecionamento das amostras (Dp) em  $\phi$ , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward e Shepard.

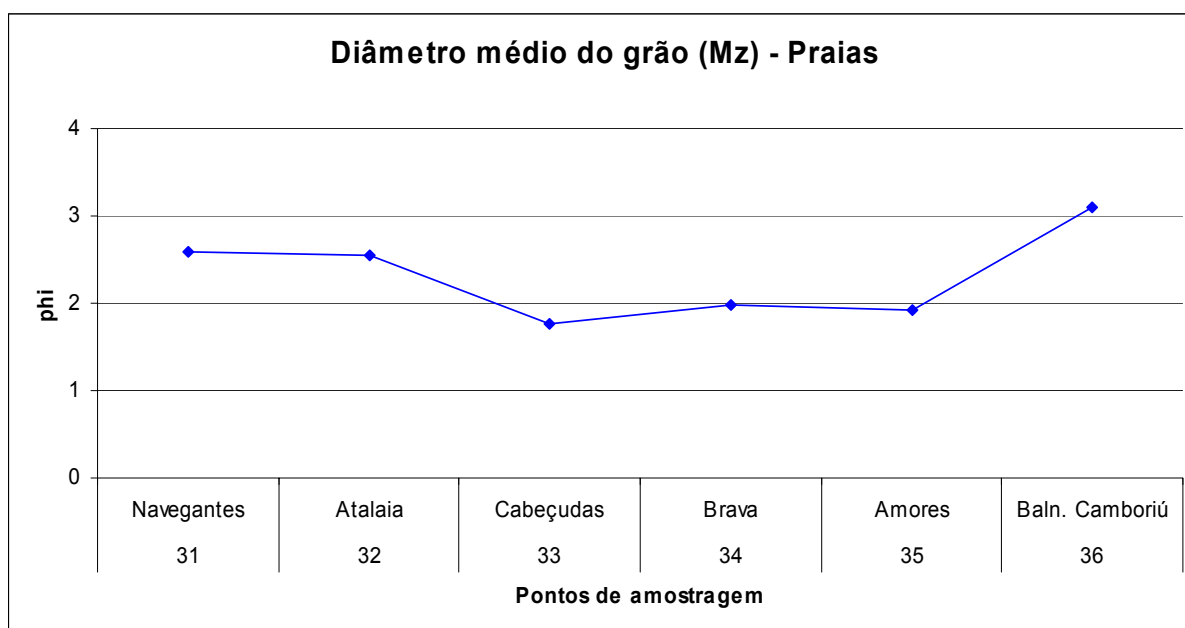
AMOSTRA	LAT (S)	LONG (W)	Mz	Dp	Ski	Kg	Folk & Ward (1954)	Shepard (1973)	Praia
31	-26,8717	-48,6370	2,59	0,54	0,10	1,24	Areia fina	Areia	Navegantes
32	-26,9177	-48,6385	2,54	0,43	0,15	1,07	Areia fina	Areia	Atalaia
33	-26,9227	-48,6337	1,76	0,76	0,00	0,96	Areia média	Areia	Cabeçudas
34	-26,9340	-48,6230	1,97	0,61	0,04	0,73	Areia média	Areia	Brava
35	-26,9547	-48,6242	1,91	0,61	0,12	0,75	Areia média	Areia	Amores
36	-26,9732	-48,6342	3,09	0,61	-0,15	0,76	Areia muito fina	Areia	Balneário Camboriú



Quanto à assimetria, 50 % das amostras apresentam assimetria positiva (média de 0,12); 33,33 % aproximadamente simétrica (média de 0,02), e 16,67 % assimetria negativa (média de -0,15). A assimetria média foi de 0,04 em todo sistema praial mapeado.

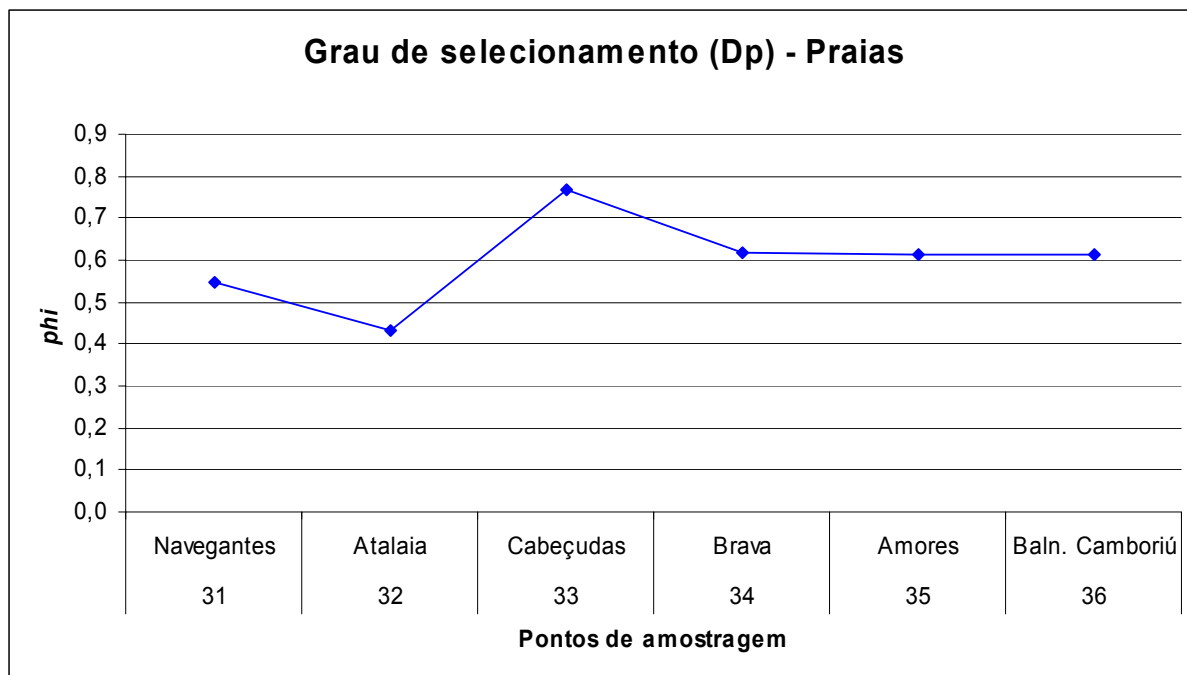
Quanto à curtose, 50 % das amostras foram classificadas como amostras platicúrticas (média de 0,75); 33,33 % como amostras mesocúrticas (média de 1,02) e 16,67 % como leptocúrticas (média de 1,24). A curtose média foi de 0,92 em todas as amostras praiais.

A Figura 36 apresenta um gráfico com a distribuição do parâmetro diâmetro médio do grão (Mz) e a Figura 37 o grau de selecionamento das amostras (desvio padrão).



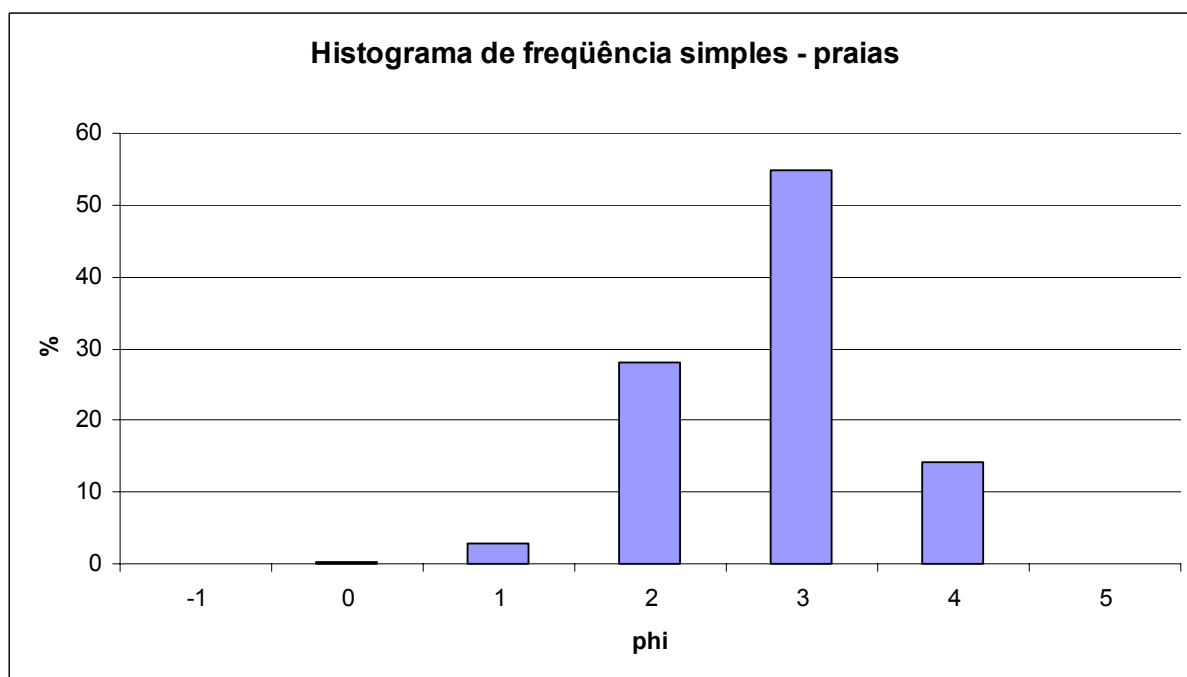
**FIGURA 36 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas no sistema praial.**

A Tabela 3 e a Figura 36 indicam uma homogeneidade nas características granulométricas ao longo dos trechos praiais mapeados. O grau de selecionamento também apresentou variações de valores que seguem esta mesma tendência (Fig. 37).



**FIGURA 37 – Grau de selecionamento das amostras coletadas no sistema praial mapeado.**

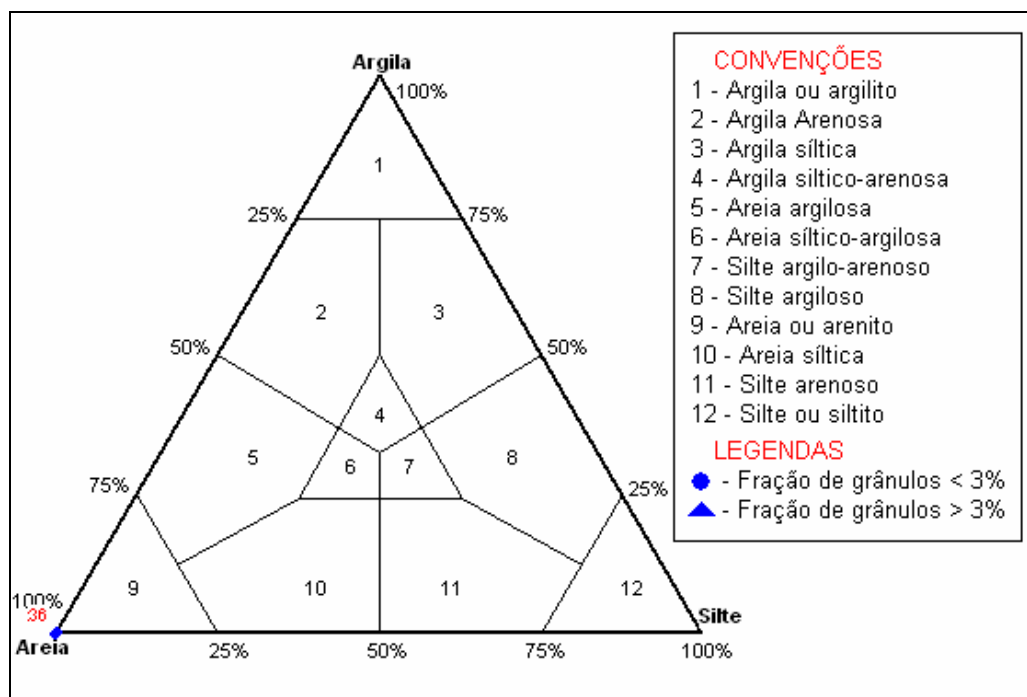
A Figura 38 apresenta o histograma de frequência simples representativo das amostras do ambiente praial, que revela uma moda correspondente ao intervalo modal de 3,0 *phi* (areia fina).



**FIGURA 38 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos do sistema praial.**

Devido ao tipo de transporte dominante ser o mesmo para os sedimentos do ambiente praial, pode se caracterizar uma menor variação na moda da distribuição sedimentar.

No diagrama triangular (Fig. 39) observa-se que no sistema praial as amostras são compostas exclusivamente por sedimentos arenosos.



**FIGURA 39 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos do sistema praial.**

### 7.2.3 Rio Itajaí-Açu

De acordo com a Tabela 3, observa-se que predominam no canal inferior do rio Itajaí-Açu, sedimentos siltosos (75 %) compostos por silte fino (37,5 %), com diâmetro médio de 6,35 *phi*, seguido pelo silte muito fino (12,5 %), com diâmetro médio de 7,45 *phi*, silte médio (12,5 %) (5,5 *phi*) e silte grosso (12,5 %) (4,6 *phi*). São encontradas ainda as areias (25 %), compostas por areia muito fina (12,5 %) (3,1 *phi*) e areia muito grossa (12,5 %) (-0,88 *phi*). As argilas não estão presentes nas amostras analisadas deste ambiente. O diâmetro médio de todos os pontos do canal fluvial foi de 4,86 *phi*.

Amostras muito pobremente selecionadas são a grande maioria e representam 87,5 %, enquanto que amostras pobremente selecionadas representam 12,5 %. O desvio padrão médio no canal fluvial foi de 2,76 *phi*.

TABELA 3 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em *phi*, grau de selecionamento das amostras (Dp) em *phi*, assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward (1954) e Shepard (1973).

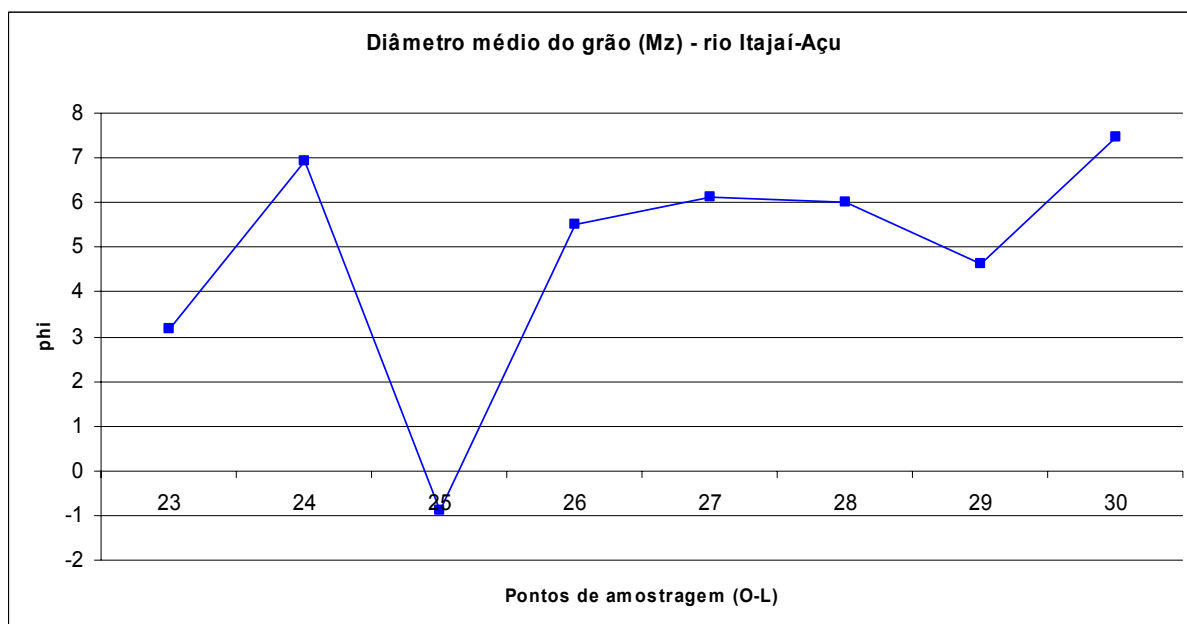
AMOSTRA	LAT (S)	LONG (W)	Mz	Dp	Ski	Kg	Folk & Ward (1954)	Shepard (1973)
23	-26,8911	-48,9922	3,15	3,92	0,18	0,89	Areia muito fina	Areia siltica
24	-26,9189	-48,9700	6,92	2,63	0,19	0,80	Silte fino	Silte argiloso
25	-26,9233	-48,9525	-0,88	1,91	0,66	1,08	Areia muito grossa	Areia
26	-26,9072	-48,9342	5,49	2,97	0,35	0,88	Silte médio	Silte arenoso
27	-26,9114	-48,9056	6,11	3,01	0,21	0,82	Silte fino	Silte argilo arenoso
28	-26,8881	-48,7714	6,01	2,65	0,38	0,86	Silte fino	Silte arenoso
29	-26,8397	-48,7247	4,63	2,14	0,58	1,89	Silte grosso	Areia siltica
30	-26,8845	-48,6867	7,44	2,83	-0,02	0,71	Silte muito fino	Argila siltica

Quanto à assimetria, 50 % das amostras apresentam assimetria muito positiva (média de 0,49); 37,5 % assimetria positiva (média de 0,19), e 12,5 % aproximadamente simétrica (média de -0,02). A assimetria média no canal fluvial foi de 0,31.

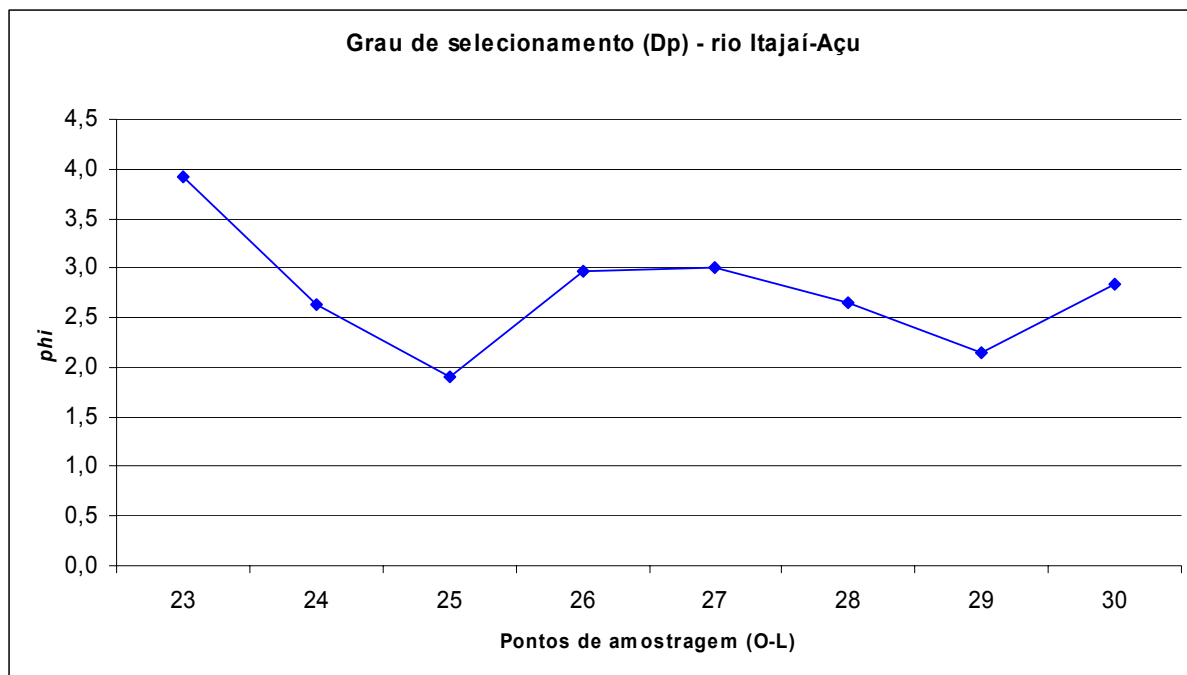
Para a curtose, 75 % das amostras foram classificadas como amostras platicúrticas (média de 0,83); 12,5 % como amostras mesocúrticas (média de 1,08) e 12,5 % como muito leptocúrticas (média de 1,87). A curtose média foi de 0,99 no baixo rio Itajaí-Açu.

A Figura 40 apresenta o gráfico com a distribuição do parâmetro diâmetro médio do grão (Mz) e a Figura 41, o grau de selecionamento das amostras (desvio padrão).

Segundo a Tabela 3 e a Figura 40, não é observado uma acentuada heterogeneidade nas características granulométricas do canal fluvial. A variação no diâmetro médio do grão foi maior apenas na amostra 25, mas no restante esta variação foi proporcionalmente menor (Fig. 40). O grau de selecionamento apresentou variações de valores que não seguem muito bem a tendência apresentada para o diâmetro médio do grão (Fig. 41).

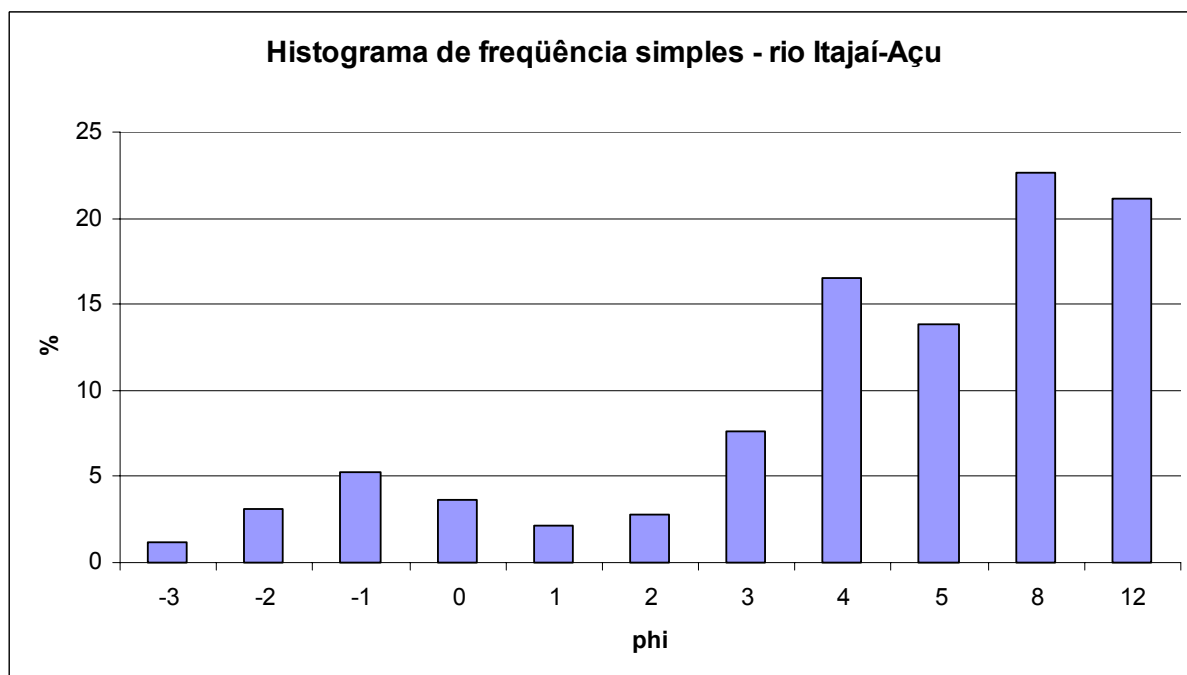


**FIGURA 40 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**



**FIGURA 41 – Grau de selecionamento das amostras coletadas no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

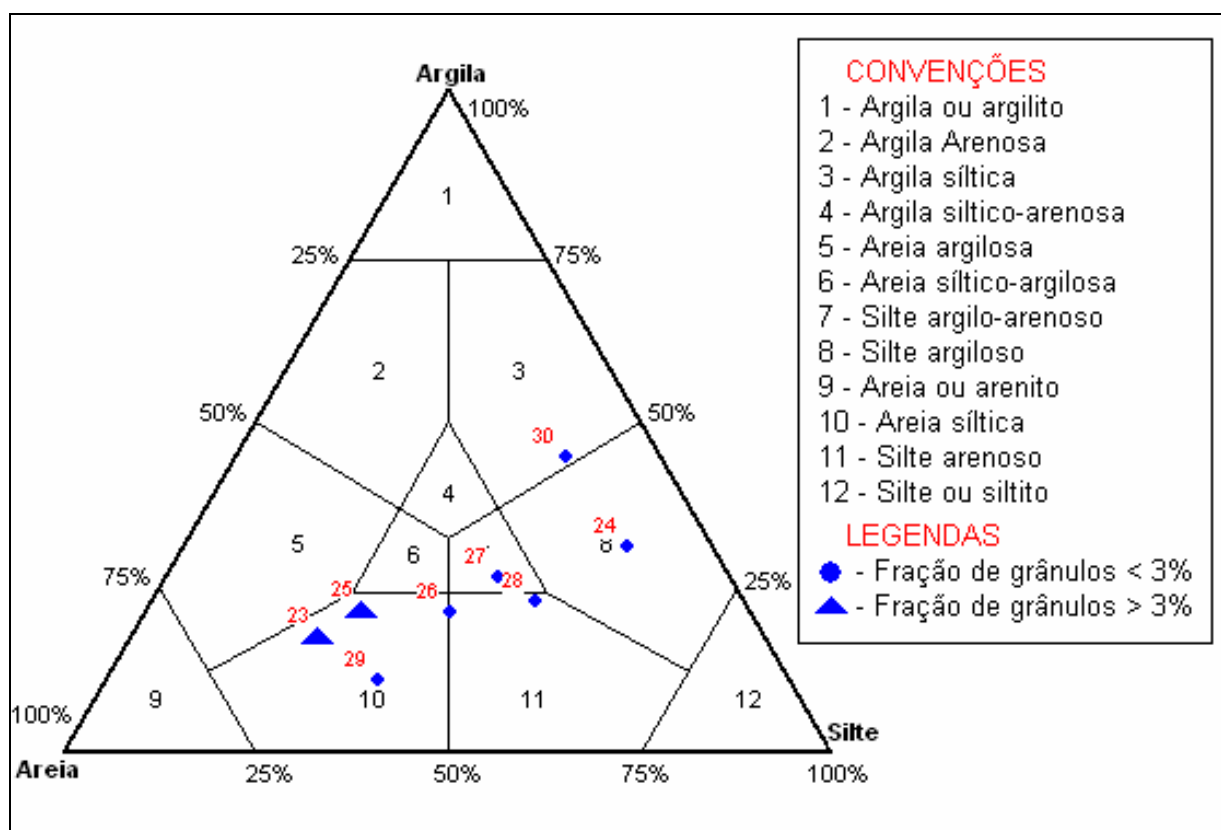
A Figura 42 apresenta o histograma de frequência simples representativo das amostras do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.



**FIGURA 42 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

Devido a energia do transporte dominante ser diferente para os sedimentos em alguns pontos do canal fluvial, pode se caracterizar uma maior variação na moda da distribuição sedimentar, com tendência para até três modas, como revela o histograma. Os intervalos modais são: 8,0 *phi* (argilas), seguido por 4,0 *phi* (areia muito fina) e -1,0 *phi* (grânulo). Pode ser caracterizada para o canal fluvial uma grande heterogeneidade nas características granulométricas dos sedimentos de origens diferentes.

No diagrama triangular (Fig. 43) podemos observar que, diferentemente do que na área de estudo, no canal do baixo rio Itajaí-Açu as amostras compostas por siltes se sobressaem sobre as compostas por areias e argilas.



**FIGURA 43 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

#### 7.2.4 Plataforma continental interna

Na plataforma continental interna predominam sedimentos siltosos (60 %) compostos por silte fino (30 %), com diâmetro médio de 6,42 *phi*, seguido pelo silte muito fino (20 %), com diâmetro médio de 7,46 *phi* e silte grosso (10 %) (4,27 *phi*).



Também estão presentes as areias (40%), compostas por areia fina (20 %) (2,33 *phi*) e areia muito fina (20 %) (3,53 *phi*). O diâmetro médio de todos os pontos da plataforma continental foi de 5,02 *phi*.

Amostras muito pobremente selecionadas representam 60 %, enquanto que amostras moderadamente selecionadas representam 30 %, seguido das pobremente selecionadas, com 10 %. O desvio padrão médio na área de estudo foi de 1,99 *phi*.

Quanto à assimetria, 50 % das amostras apresentam assimetria muito positiva (média de 0,42), 30 % assimetria negativa (média de -0,14) e 20 % assimetria positiva (média de 0,15). A assimetria média foi de 0,19 em toda a área mapeada da plataforma continental.

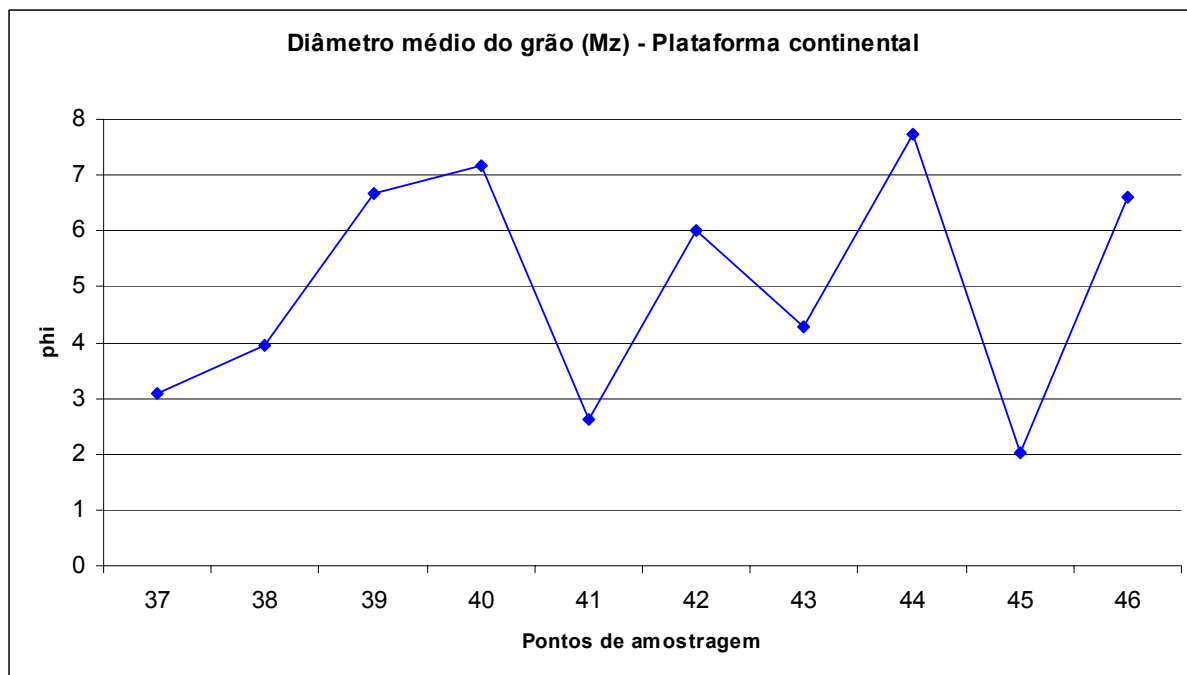
Quanto à curtose, 50 % das amostras foram classificadas como amostras platicúrticas (média de 0,76), 10 % como muito platicúrticas (média de 0,66), 10 % como amostras mesocúrticas (média de 0,92), 10 % como leptocúrticas (média de 1,41), 10 % como muito leptocúrticas (média de 2,19) e 10 % como extremamente leptocúrticas (média de 4,05). A curtose média foi de 1,30 em toda a área mapeada da plataforma continental.

A Figura 44 apresenta um gráfico com a distribuição do parâmetro diâmetro médio do grão (Mz) e a Figura 45 o grau de selecionamento das amostras (Desvio Padrão).

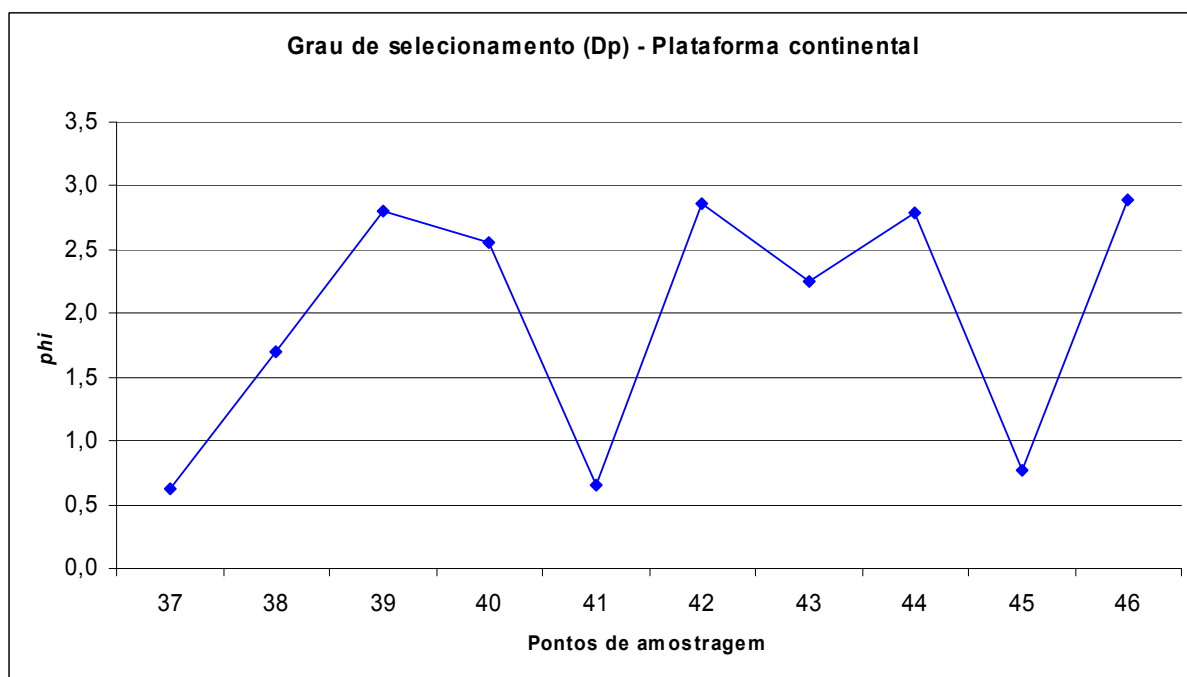
A Tabela 4 e a Figura 44 indicam uma grande heterogeneidade nas características granulométricas da plataforma continental. A variação no diâmetro médio do grão foi elevada em todos os pontos (Fig. 44), assim como o grau de selecionamento, que apresentou variações de valores que seguem esta mesma tendência (Fig. 45).

TABELA 4 – Planilha de dados granulométricos das amostras de sedimentos da plataforma continental interna, de acordo com os seguintes parâmetros: diâmetro médio do grão (Mz) em  $\phi$ , grau de selecionamento das amostras (Dp) em  $\phi$ , assimetria (Ski) e curtose (Kg), além da classificação por Folk & Ward (1954) e Shepard (1973).

AMOSTRA	LAT (S)	LONG (W)	Mz	Dp	Ski	Kg	Folk & Ward (1954)	Shepard (1973)
37	-26,8400	-48,6100	3,10	0,62	-0,12	0,75	Areia muito fina	Areia
38	-26,8400	-48,5100	3,96	1,70	0,56	4,04	Areia muito fina	Areia
39	-26,8400	-48,2500	6,67	2,79	0,32	0,70	Silte fino	Silte argiloso
40	-26,9000	-48,6100	7,18	2,55	0,21	0,69	Silte muito fino	Silte argiloso
41	-26,9000	-48,5000	2,63	0,65	0,10	1,41	Areia fina	Areia
42	-26,9400	-48,5600	6,00	2,86	0,32	0,86	Silte fino	Silte argilo arenoso
43	-26,9400	-48,3900	4,26	2,25	0,56	2,19	Silte grosso	Areia siltica
44	-26,9700	-48,6100	7,73	2,79	-0,10	0,77	Silte muito fino	Argila siltica
45	-26,9700	-48,5100	2,03	0,77	-0,22	0,92	Areia fina	Areia
46	-26,9700	-48,2500	6,59	2,89	0,32	0,66	Silte fino	Silte argiloso



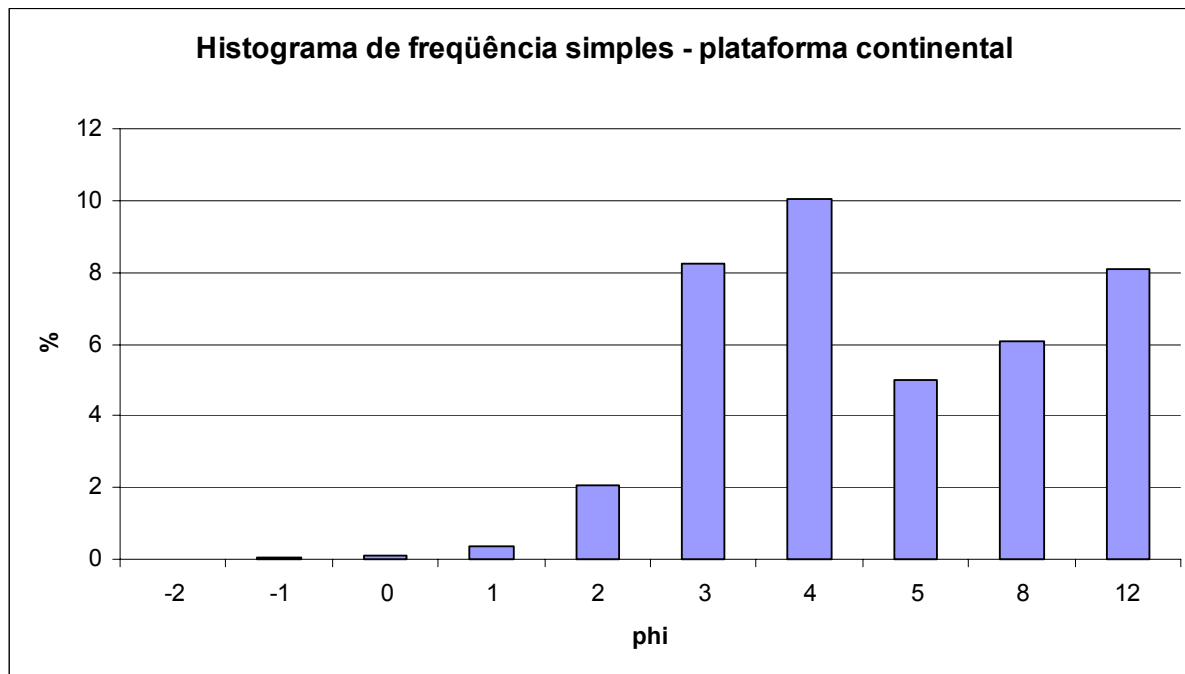
**FIGURA 44 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas na plataforma continental.**



**FIGURA 45 – Grau de selecionamento das amostras coletadas na plataforma continental.**

Como o tipo de transporte dominante é teoricamente diferente para os sedimentos de plataforma continental, pode se caracterizar uma pequena variação na moda da distribuição sedimentar.

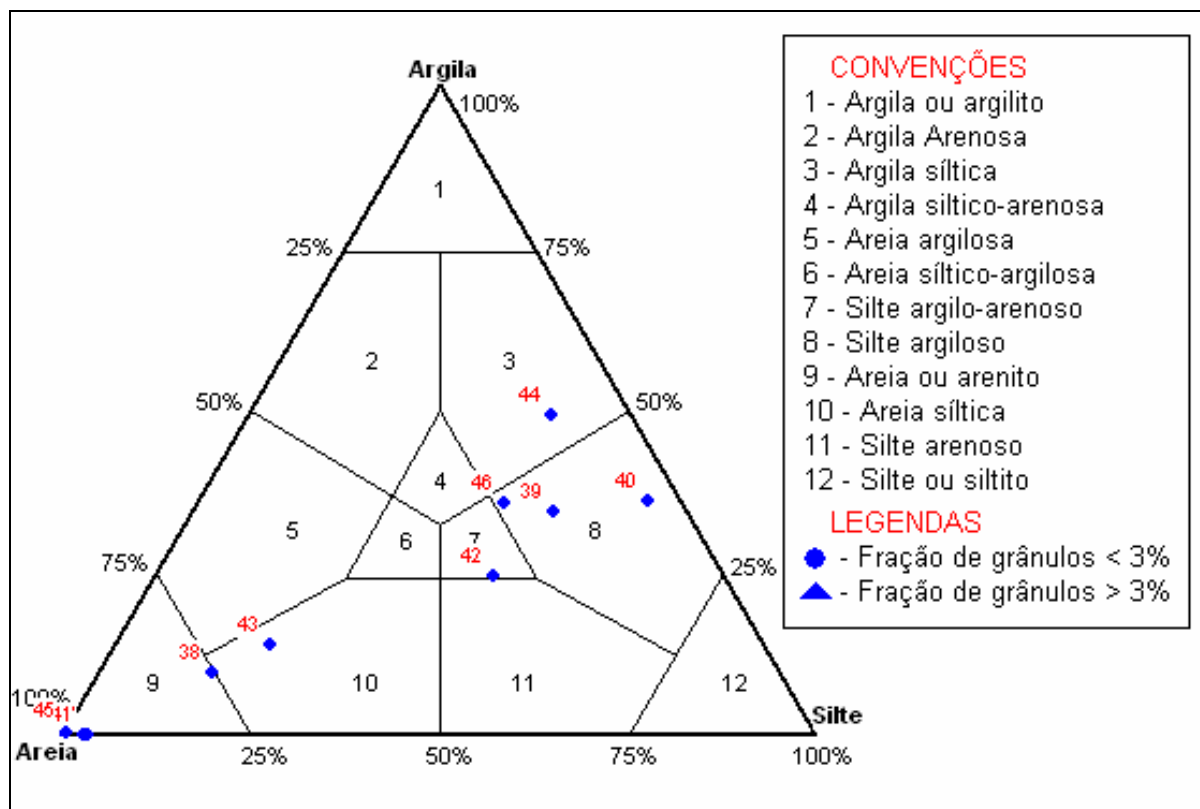
A Figura 46 apresenta o histograma de frequência simples representativo das amostras da plataforma continental.



**FIGURA 46 – Histograma de frequência simples das amostras de sedimentos da plataforma continental.**

O histograma revela que a moda na área de estudo corresponde a praticamente dois intervalos modais: 4,0 *phi* (areia muito fina), seguido por 12,0 *phi* (argila). Em geral, a área de estudo é caracterizada por uma menor heterogeneidade para as características granulométricas dos sedimentos de diferentes origens.

No diagrama triangular (Fig. 47) podemos observar que, assim como para toda a área de estudo, na plataforma continental as amostras compostas por areias se sobressaem sobre as compostas por siltes e argilas.



**FIGURA 47 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos da plataforma continental.**

### 7.2.5 Todos os ambientes

Observa-se que predominam na área de estudo, em todos ambientes amostrados, sedimentos siltosos (50 %) compostos por silte fino (19,57 %), com diâmetro médio de 6,05 *phi*; seguido pelo silte muito fino (15,22 %), com diâmetro médio de 7,65 *phi*; silte médio (10,87 %), com diâmetro de 4,8 *phi* e silte grosso (4,35 %), com diâmetro de 3,8 *phi*. Também estão presentes as areias (41,30 %), compostas por areia média (15,22 %), com diâmetro de 1,73 *phi*; areia fina (13,04 %), com diâmetro de 2,48 *phi*; areia muito fina (10,87 %), com diâmetro de 3,1 *phi* e areia muito grossa (2,17 %), com diâmetro de -1,4 *phi*), além da argila grossa (8,7 %), com diâmetro de 8,66 *phi*. Entretanto, o diâmetro médio de todos os pontos da área de estudo foi de 4,88 *phi*.

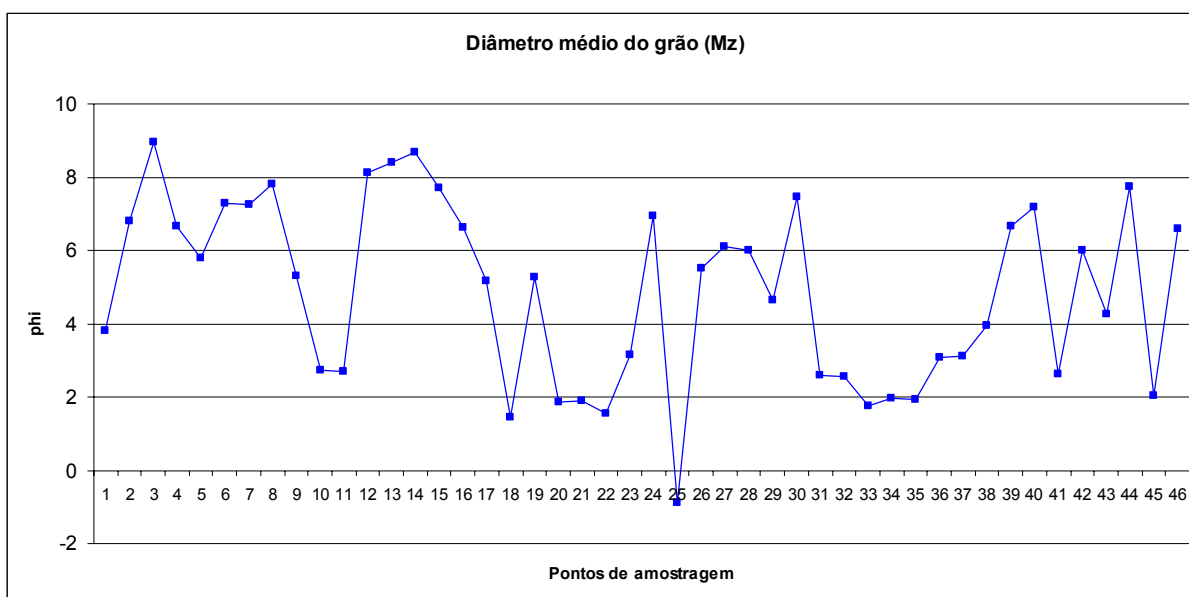
Amostras muito pobremente selecionadas representam 65,22 %, enquanto que amostras moderadamente selecionadas representam 26,09 %. Em seguida têm-se as pobremente selecionadas, com 6,52 % e as bem selecionadas, que representaram 2,17 %. O desvio padrão médio na área de estudo foi de 2,14 *phi*.

Quanto à assimetria, 32,61 % das amostras apresentam assimetria positiva (média de 0,18); 30,43 % assimetria muito positiva (média de 0,45); 17,39 % aproximadamente simétrica (média de -0,01); 15,22 % assimetria negativa (média de -0,15) e 4,35 % assimetria muito negativa (média de -0,35). A assimetria média foi de 0,15 em toda a área de estudo.

Quanto à curtose, 52,17 % das amostras foram classificadas como amostras platicúrticas (média de 0,77); 21,74 % como amostras mesocúrticas (média de 0,99); 15,22 % como leptocúrticas (média de 1,27); 6,52 % como muito leptocúrticas (média de 1,88); 2,17 % como extremamente leptocúrticas (média de 4,05) e muito platicúrticas (média de 0,66). A curtose média foi de 1,04 em toda a área de estudo.

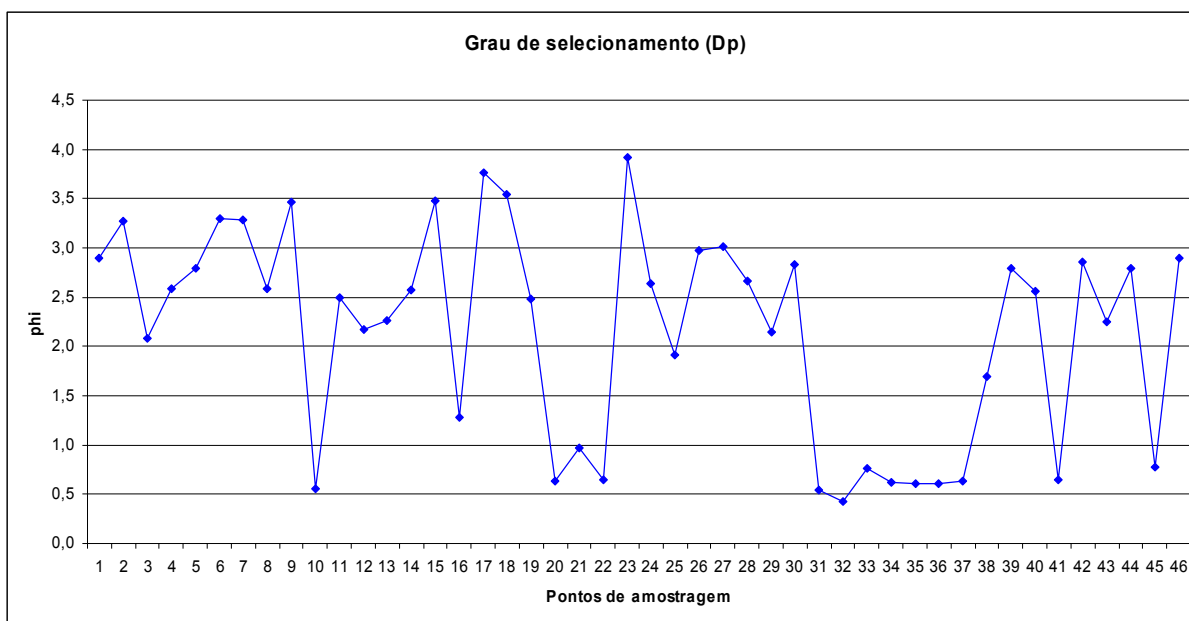
A Figura 48 apresenta um gráfico com a distribuição do parâmetro diâmetro médio do grão (Mz) e a Figura 49 o grau de selecionamento das amostras (desvio padrão).

Quanto a textura ocorre uma heterogeneidade nas características granulométricas em toda a área mapeada. A variação no diâmetro médio do grão foi maior em todos os ambientes deposicionais, exceto no ambiente praial, onde esta variação foi proporcionalmente menor (Fig. 48), assim como o grau de selecionamento, que apresentou variações de valores que seguem esta mesma tendência (Fig. 49).



**FIGURA 48 – Diâmetro médio do grão das amostras coletadas na área de estudo.**

Devido ao tipo de transporte dominante ser diferente para os depósitos do sistema continental do Quaternário indiferenciado, dos depósitos dos sistemas laguna barreira III e IV, dos depósitos do sistema praiar, e dos depósitos do ambiente fluvial e de plataforma continental, pode se caracterizar uma maior variação na moda da distribuição sedimentar.

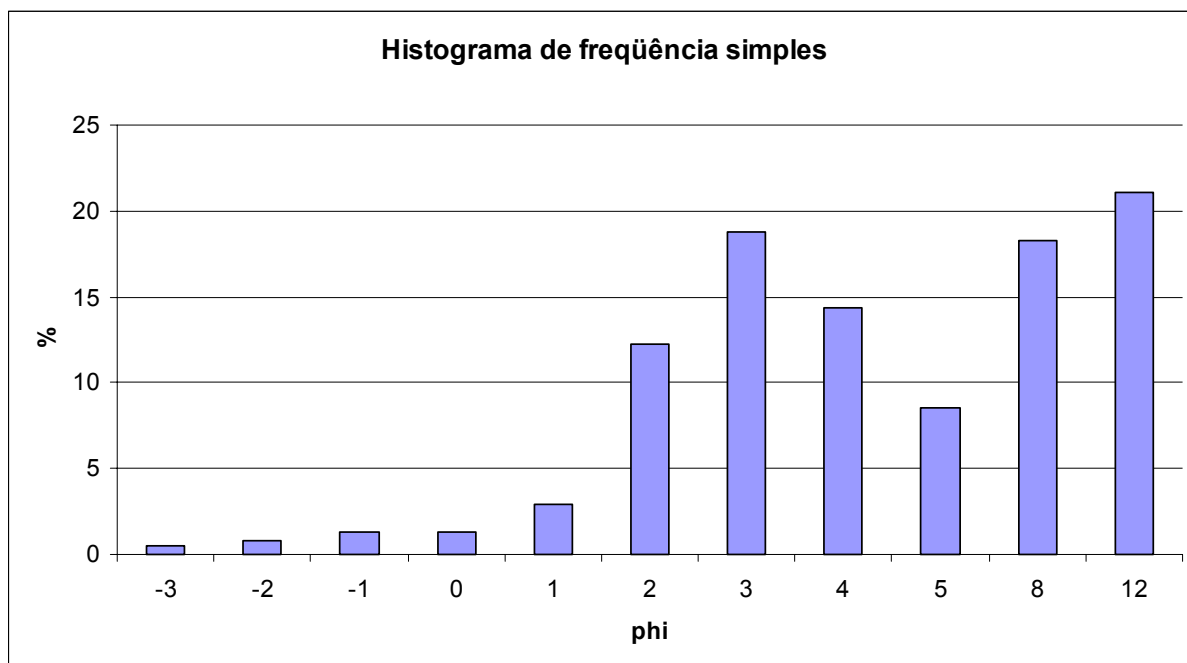


**FIGURA 49 – Grau de selecionamento das amostras coletadas na área de estudo.**

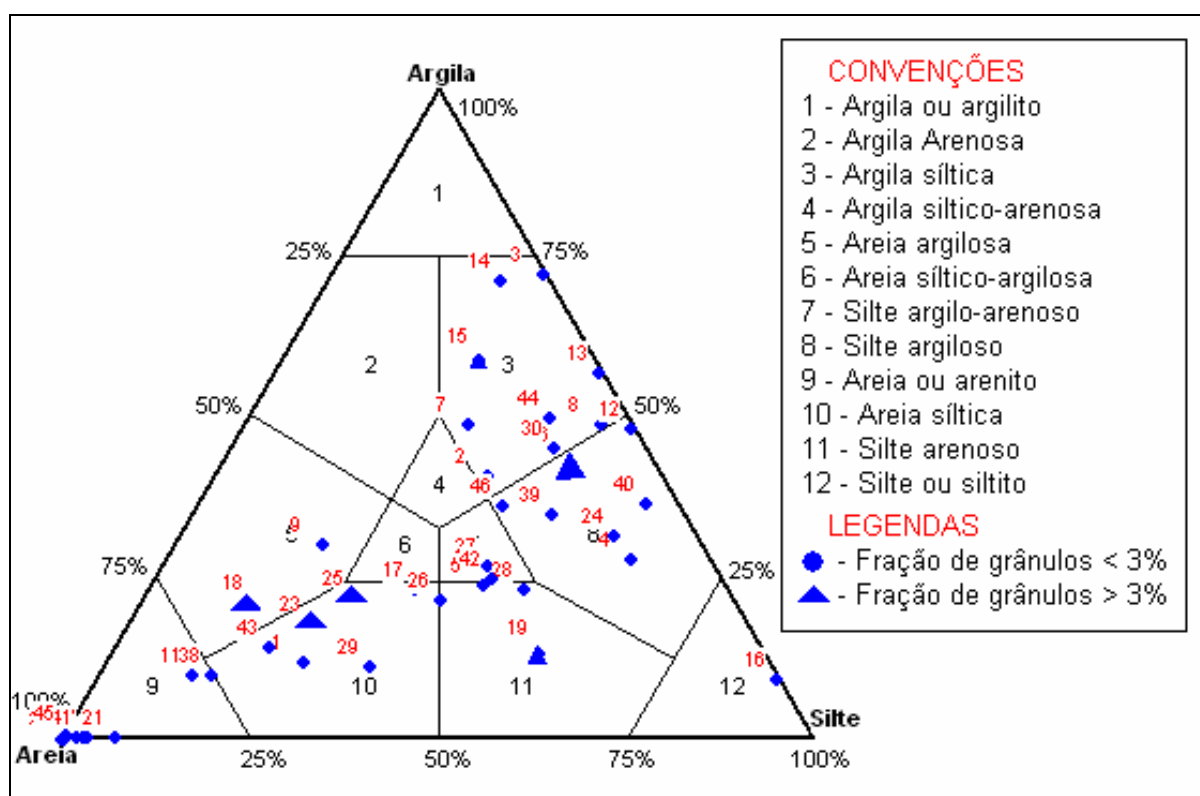
A Figura 50 apresenta o histograma de frequência simples representativo das amostras da área de estudo mapeada.

O histograma revela que a moda na área de estudo corresponde a dois intervalos modais: 12,0 *phi* (argilas), seguido por 3,0 *phi* (areia fina). Em geral, a área de estudo é caracterizada por uma grande heterogeneidade para as características granulométricas dos sedimentos de diferentes origens.

Na Figura 51 é apresentado o diagrama triangular que segue a classificação proposta por Shepard (1954) para a classificação dos sedimentos. Nela podemos observar que a grande maioria das amostras estão classificadas primeiramente como areias, seguido de siltes e argilas.



**FIGURA 50 – Histogramas de frequência simples das amostras de sedimentos da área mapeada.**



**FIGURA 51 – Diagrama triangular de representação das amostras de sedimentos da área mapeada.**

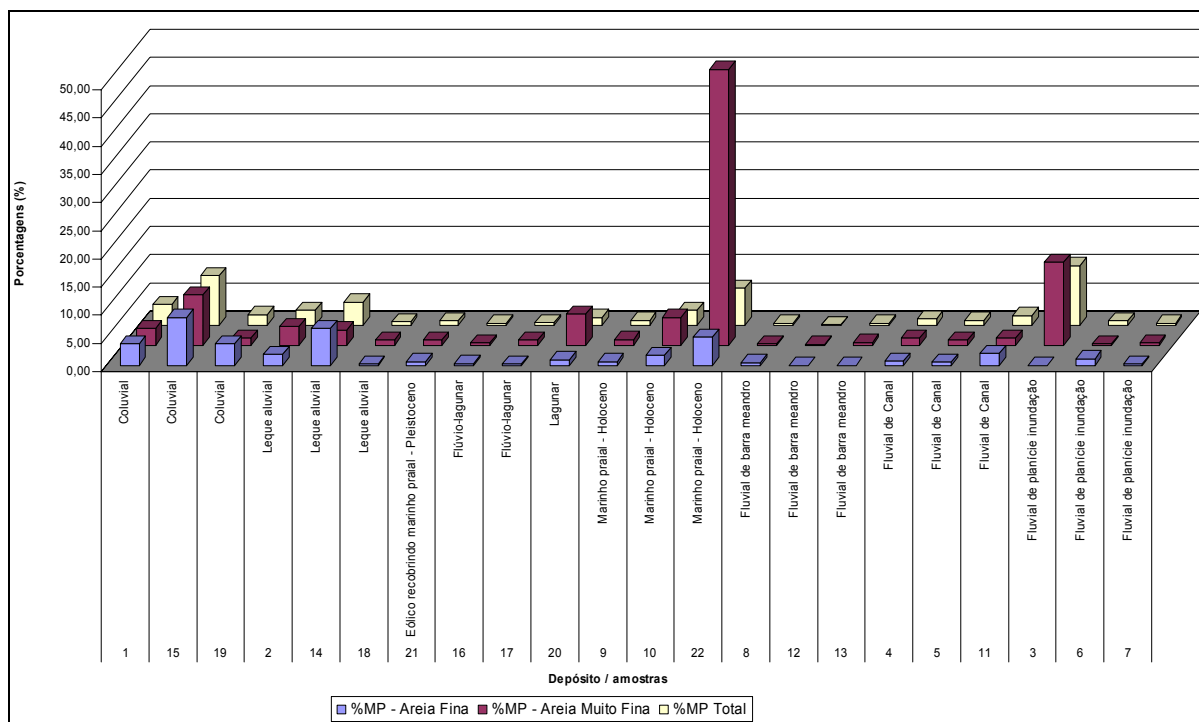


## 7.3 ASPECTOS MINERALÓGICOS

### 7.3.1 Planície costeira

A partir da análise dos gráficos de concentração de minerais pesados nos sedimentos da planície costeira, (Fig. 52), foi possível observar valores de concentração um tanto quanto semelhantes, tanto na porcentagem total (soma das frações 3 *phi* e 4 *phi*) como distintamente nas frações 3 *phi* e 4 *phi*. Entretanto, para a fração areia muito fina, em alguns pontos os valores de concentração se sobressaem, indicando uma tendência de enriquecimento para esta fração.

Em se tratando do sedimento analisado, somando-se as duas frações (% total), são reconhecidos alguns locais de elevada concentração (amostras 3, 15 e 22) (Fig. 52). O depósito com maior concentração de minerais pesados foi o coluvial, com uma média de 4,75 % de pesados, seguido pela planície de inundação, com 3,88 %. Nos outros pontos, a concentração de minerais pesados apresenta menores valores, se mantendo quase que constantemente abaixo de 5 %. A menor concentração pode ser observada no depósito de barra de meandro, 0,10%, onde o sedimento se compõe principalmente por silte e argila. A concentração média deste depósito alcançou 0,25 %, seguido pelo depósito flúvio-lagunar, com 0,36 %. Esta baixa concentração pode estar ligada ao fato de que os minerais que se depositaram ali seriam minerais muito instáveis quimicamente, fazendo com que estes sejam rapidamente intemperizados.

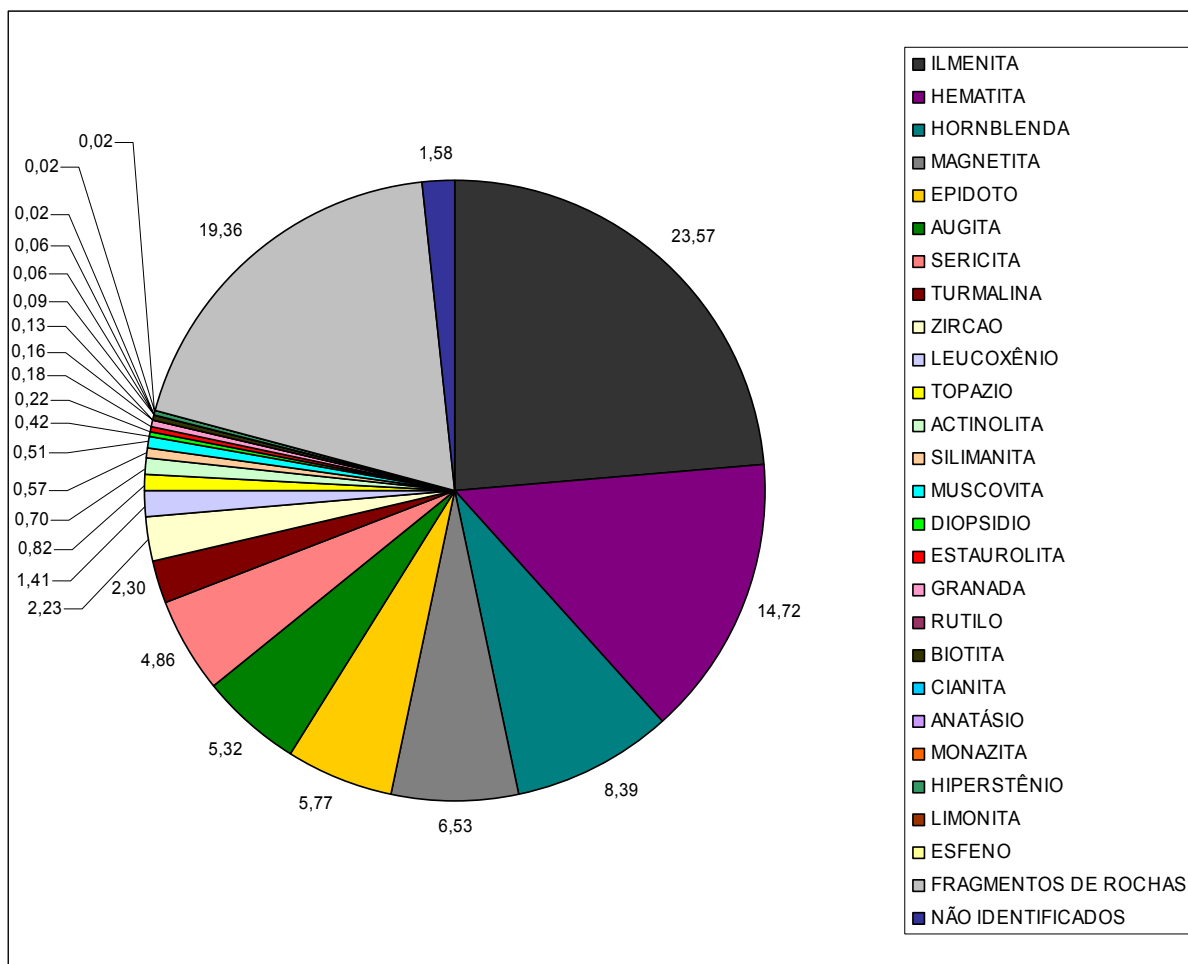


**FIGURA 52 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra da planície costeira da área de estudo.**

Especificamente, para a fração correspondente à areia muito fina (4 *phi*), podem ser observados em determinados locais, os mesmos padrões de concentração de minerais pesados, só que com maiores picos, alcançando até 49 %, (depósito marinho praial do Holoceno – amostra 22) (Fig. 52). Nesta fração, o depósito com maior concentração média foi o marinho praial do Holoceno, 18,30 %, seguido pelo lagunar, com 5,5 %. Os depósitos com menores valores médios foram os de barra de meandro, 0,31 % e flúvio-lagunar, com 0,67 % de pesados.

Na classe 3 *phi*, pode ser observado também o mesmo padrão anterior, entretanto com a maior concentração no ponto 15 (depósito coluvial), alcançando 8,56 %. (Fig. 52). O depósito com maior concentração média de pesados foi, assim como para a concentração total, o coluvial, com 5,43 %, seguido pelo leque aluvial, com 2,93 %. Os menores valores médios para esta fração foram observados novamente para o depósito de barra de meandro, 0,17 %, e flúvio-lagunar, com 0,27 % de pesados.

Várias espécies de minerais pesados foram identificadas nos depósitos da planície costeira, como se pode observar na figura 53 e na tabela 5.



**FIGURA 53 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais pesados encontrados nos sedimentos da planície costeira da área de estudo.**

**TABELA 5 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos da planície costeira da área de estudo.**

Mineral	Porcentagem média
Ilmenita	23,57
Hematita	14,72
Hornblenda	8,39
Magnetita	6,53
Epidoto	5,77
Augita	5,32
Sericita	4,86
Turmalina	2,30
Zircão	2,23
Leucoxênio	1,41
Topázio	0,82
Actinolita	0,70
Silimanita	0,57
Muscovita	0,51
Diopsídio	0,42
Estaurolita	0,22

Granada	0,18
Rutilo	0,16
Biotita	0,13
Cianita	0,09
Anatásio	0,06
Monazita	0,06
Hiperstênio	0,02
Limonita	0,02
Esfeno	0,02
Fragmentos de rochas	19,36
Não identificados	1,58

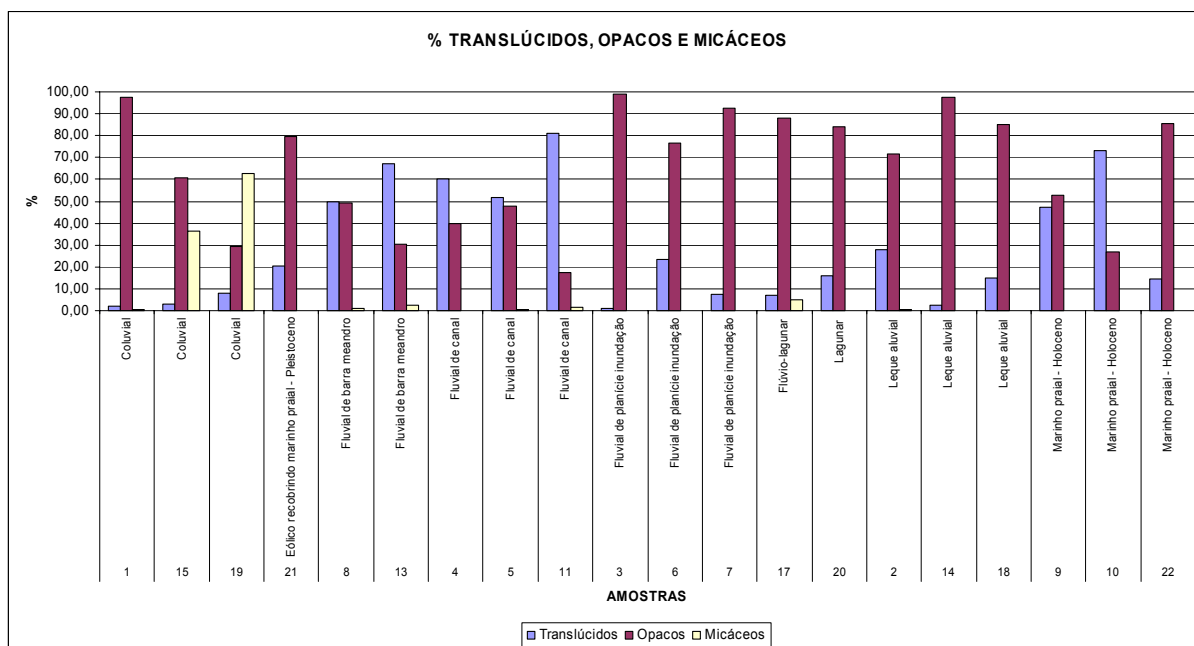
Nas amostras 12 (depósito de barra de meandro) e 16 (depósito flúvio-lagunar) os minerais encontrados não apresentaram uma quantidade suficiente para a contagem e identificação, ou seja, um número menor que 300 grãos, implicando assim na desconsideração destas amostras nesta etapa do trabalho.

Entre os opacos, que perfazem na média 65,60 %, foram identificados ilmenita, hematita, magnetita, leucoxênio, limonita e os fragmentos de rochas. Destes, a ilmenita apresenta-se em maior quantidade, com cerca de 23,57 %, seguido pela hematita, com 14,72 %.

Entre os minerais pesados transparentes, que perfazem na média 28,90 % nas amostras, foram identificados: hornblenda, epidoto, augita, turmalina, zircão, topázio, actinolita, silimanita, diopsídio, estaurolita, granada, rutilo, cianita, anatásio, monazita, hiperstênio e esfeno. Dentre estes, os principais minerais transparentes foram a hornblenda, com 8,39 % e o epidoto com 5,77 %.

Os minerais micáceos identificados, com cerca de 5,50 %, foram a sericita, biotita e a muscovita. Juntamente com estes minerais, 1,58 % não puderam ser identificados com alguma segurança, devido principalmente a alterações, formando então os minerais não identificados.

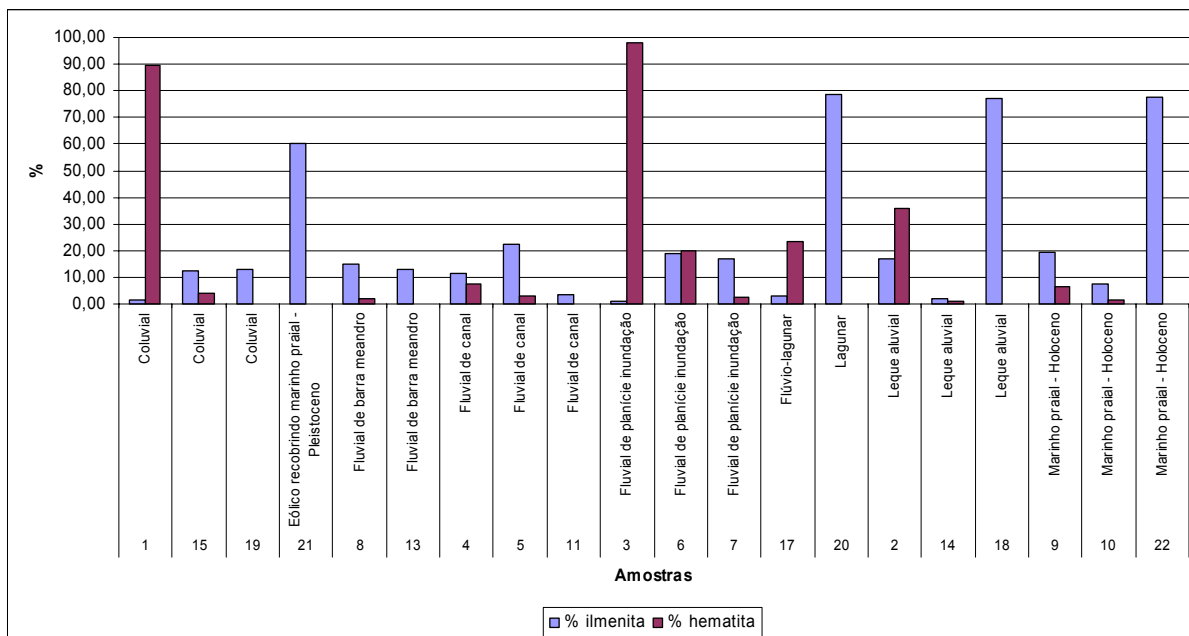
Tanto os minerais translúcidos, quanto os opacos, apresentam concentrações que variam bastante de acordo com os depósitos da planície costeira (Fig. 54). Os translúcidos, com valores médios de cerca de 28,90 %, se sobressaem aos opacos nos depósitos de canal, barra de meandro e marinho praial do Holoceno, em Navegantes. Já os opacos, por outro lado, com valores médios de cerca de 65,60 %, possuem maiores concentrações nos depósitos coluvial, leque aluvial, planície de inundação e marinho praial do Holoceno, em Itajaí.



**FIGURA 54 – Gráfico das concentrações de minerais translúcidos, opacos e micáceos nos sedimentos da planície costeira da área de estudo.**

A ilmenita é o mineral mais comum, assim como é o mais abundante em quase todos os depósitos da planície costeira. Suas maiores concentrações estão nos depósitos holocênicos, pleistocênicos e de leque aluvial, em Itajaí, onde alcançam cerca de 79 % (Fig. 55).

A hematita é o segundo mineral mais abundante. Ocorre em maiores concentrações nos depósitos de planície de inundação, coluvial e de leque aluvial, em Gaspar, chegando até quase 100 % no ponto 3 (Fig. 55).

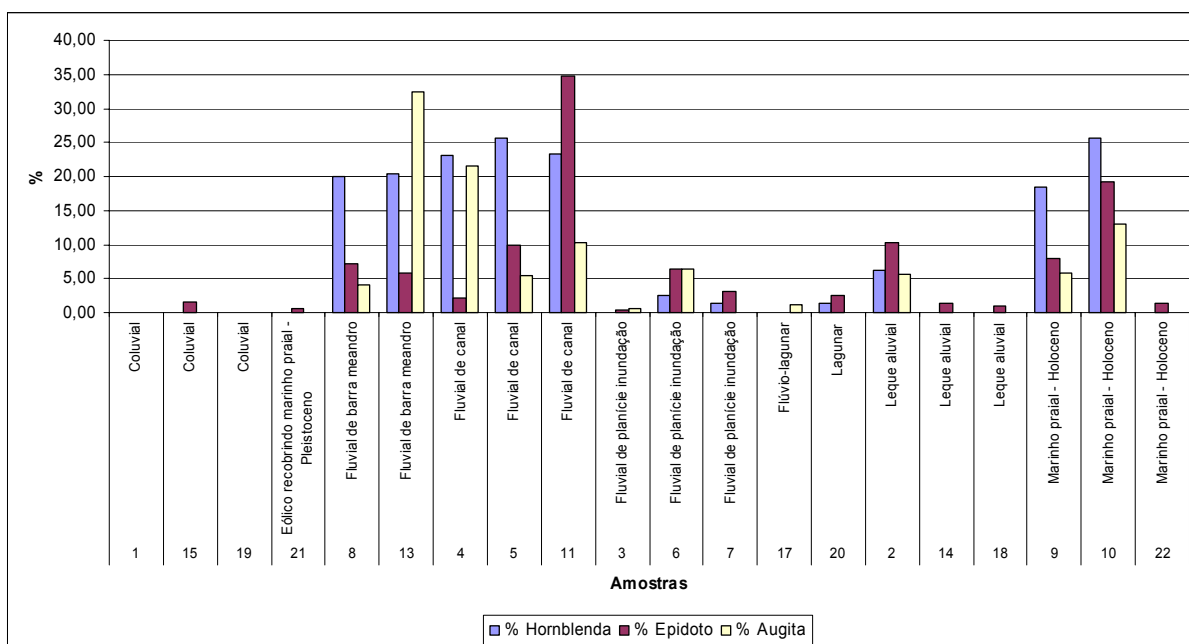


**FIGURA 55 – Gráfico de concentração de ilmenita e hematita nos sedimentos da planície costeira da área de estudo**

A hornblenda é o translúcido mais abundante e o terceiro mineral com maior concentração na planície costeira. Seus maiores valores alcançam cerca de 25 % (Fig. 56) e estão associados aos depósitos de canal, barra de meandro e marinho praial do Holoceno, em Navegantes, coincidindo com os locais de maiores concentrações dos translúcidos.

O epidoto também é um mineral bastante comum nos sedimentos da planície costeira, sendo o segundo translúcido mais abundante, com concentrações que alcançam 35 %. Suas maiores concentrações estão associadas aos depósitos de canal e marinho praias do Holoceno, em Navegantes (Fig. 56).

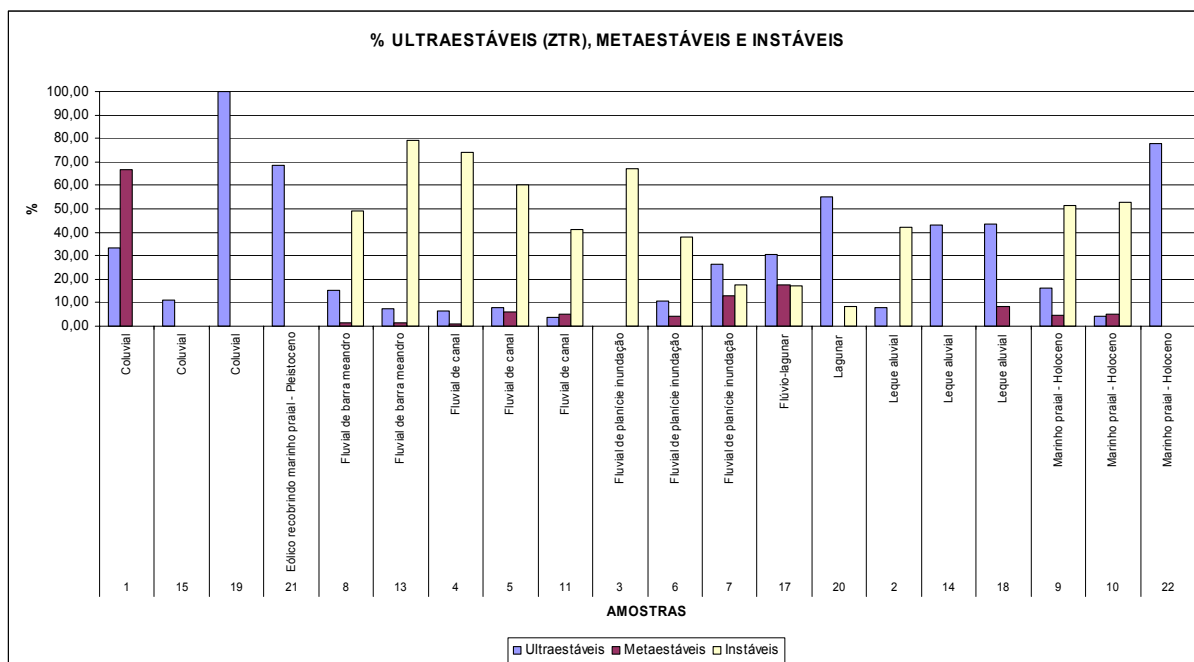
A augita, apesar de não aparecer em alguns depósitos, é um mineral relativamente comum, com concentrações que chegam a cerca de 33 % (Fig. 56). É o translúcido com a terceira maior concentração, associado aos mesmos depósitos observados para a hornblenda.



**FIGURA 56 – Gráfico de concentração de hornblenda, epidoto e augita nos sedimentos da planície costeira da área de estudo**

O zircão, a turmalina e o rutilo são combinados para o cálculo do índice ZTR (zircão + turmalina + rutilo), que teve uma média de 28,46 %. Os maiores valores se apresentaram nos depósitos coluviais (quase 100 %), de leques aluviais e praias holocênicos e pleistocênicos, em Itajaí, indicando uma maior maturidade nestes depósitos (Fig. 57). Por outro lado, os menores valores se apresentaram nos depósitos de canal, barra de meandro e praias holocênicos, em Navegantes, indicando uma menor maturidade nestes depósitos.

Concomitantemente com este índice, de modo análogo, foi calculado também um índice para os metainstáveis (estauroлита, apatita, pistachita, cianita, silimanita e granada) e para os instáveis (hornblenda, hiperstênio, augita e andaluzita), (GIANNINI *et al.*, 1997; MIO & GIANNINI, 1997), de acordo com a classificação de estabilidade de Pettijohn (1957).

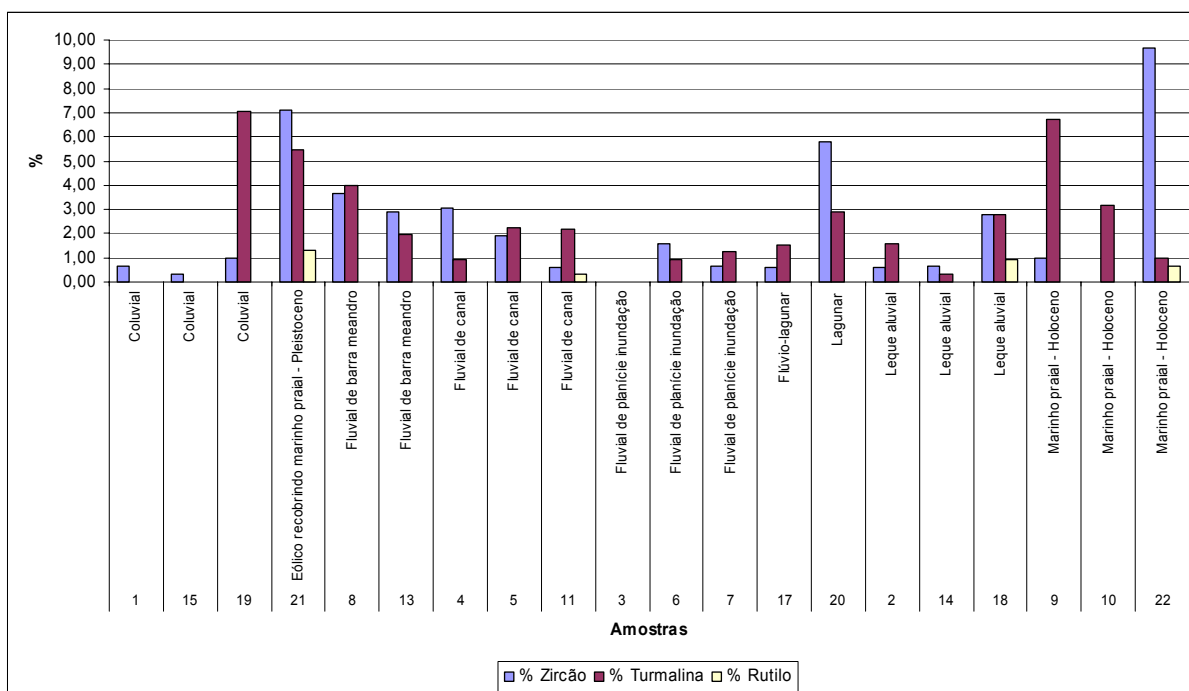


**FIGURA 57 – Gráfico de variação dos índices de minerais ultraestáveis (ZTR), metaestáveis e instáveis, de acordo com os depósitos amostrados na planície costeira da área de estudo.**

Observa-se uma tendência de concentração para os minerais instáveis nos depósitos de canal, barra de meandros, planície de inundação e marinho praial holocênico, em Navegantes (Fig. 57).

Dos minerais ultraestáveis, a turmalina foi o que apresentou maiores médias de concentrações, chegando a um máximo de 7 %. Suas maiores concentrações foram nos depósitos marinho praial holocênicos, em Navegantes; coluvial e praial pleistocênico, em Itajaí (Fig. 58). Já o zircão, que apresentou valores de concentração máximo de cerca de 9,5 % (Fig. 58), teve seus maiores valores nos depósitos marinho praial pleistocênicos e holocênicos, em Itajaí. O rutilo, entretanto, não apresentou grandes valores de concentração, que alcançou cerca de 1,3 % (Fig. 58), sendo um mineral um tanto quanto raro nos depósitos da planície costeira. Assim como o zircão, sua ocorrência se limitou ao depósito marinho praial pleistocênico e holocênico, em Itajaí, além de um depósito de leque aluvial e fluvial de canal.





**FIGURA 58 – Gráfico de concentração de zircão, turmalina e rutilo nos sedimentos da planície costeira da área de estudo.**

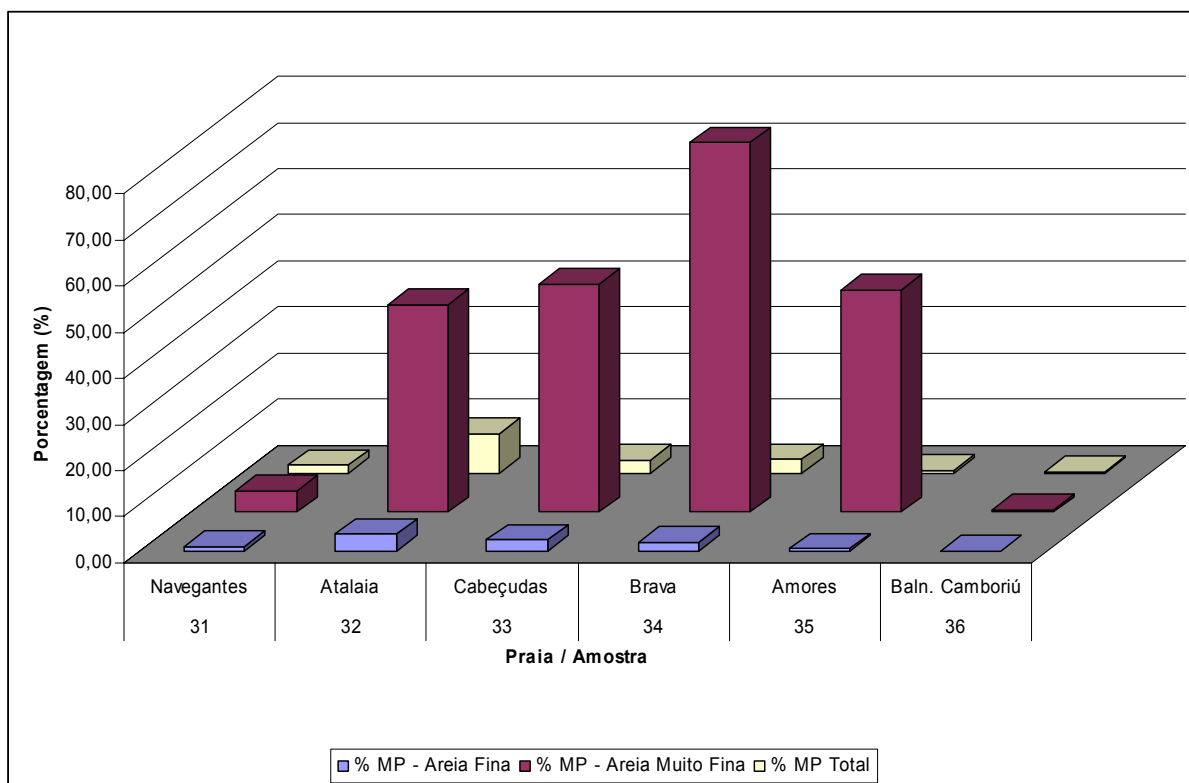
Sob o ponto de vista da geologia econômica, pôde ser observada a ocorrência de algumas determinadas áreas com tendência para a formação de pláceres de minerais pesados, principalmente de ilmenita e zircão, nas cristas regressivas holocênicas localizadas na praia Brava em Itajaí, passíveis de um estudo mais detalhado.

### 7.3.2 Sistema praial

Ao se observar os gráficos de concentração de minerais pesados nos sedimentos praias (Fig. 59), foi possível notar valores de concentração um tanto quanto diferentes, principalmente para a fração 4 *phi*, indicando uma tendência clara de enriquecimento para esta fração.

Em se tratando do sedimento analisado, somando-se as duas frações (% total), observa-se pequenas variações, mas com alguns locais de elevada concentração (praia da Atalaia) (Fig. 59). Neste local os teores totais alcançaram até 8,5 % de minerais pesados. Nos outros pontos, a concentração de minerais pesados apresenta menores valores, se mantendo quase que constantemente entre 1 % e 3

%. A menor concentração pode ser observada na praia de Balneário Camboriú, com 0,25 %, indicando que este local não é favorável para a concentração de pesados.

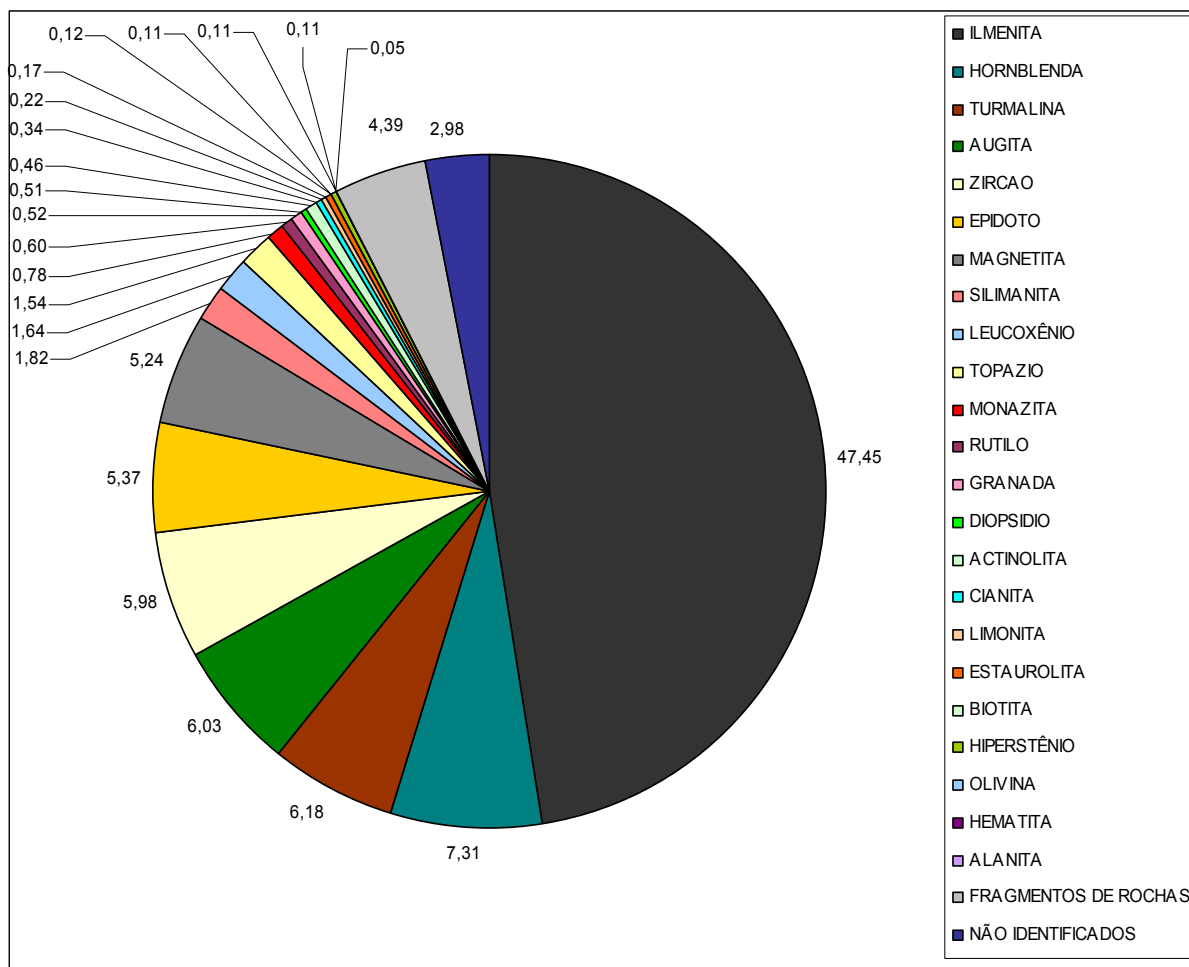


**FIGURA 59 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra nas praias da área de estudo.**

Especificamente, para a fração correspondente à areia muito fina (4 *phi*), podem ser observados em quase todas as praias, uma grande concentração de minerais pesados, alcançando até quase 90 % na praia Brava (Fig. 59), seguido pela praia de Cabeçudas, com quase 50 % de pesados. As praias que apresentaram menores valores foram a praia de Balneário Camboriú (0,35 %) e de Navegantes (4,6 %).

Na classe 3 *phi*, pode ser observado o mesmo padrão citado anteriormente para a concentração total, entretanto com valores médios menores. (Fig. 59). A praia com maior concentração média de pesados foi a praia do Atalaia, com 3,7 %. Os menores valores médios para esta fração foram observados novamente nas praias de Balneário Camboriú (0,09 %) e Navegantes, com 1 % de pesados.

Várias espécies de minerais pesados também foram identificadas nas praias da área de estudo, como se pode observar na figura 60 e na tabela 6.



**FIGURA 60 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais pesados encontrados nos sedimentos das praias da área de estudo.**

**TABELA 6 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos das praias da área de estudo**

Mineral	Porcentagem média
Ilmenita	47,45
Hornblenda	7,31
Turmalina	6,18
Augita	6,03
Zircão	5,98
Epidoto	5,37
Magnetita	5,24
Silimanita	1,82
Leucóxênio	1,64
Topázio	1,54
Monazita	0,78
Rutílo	0,60
Granada	0,52
Diopsídio	0,51
Actinolita	0,46

Cianita	0,34
Limonita	0,22
Estaurolita	0,17
Biotita	0,12
Hiperstênio	0,11
Olivina	0,11
Hematita	0,11
Alanita	0,05
Fragmentos de rochas	4,39
Não identificados	2,98

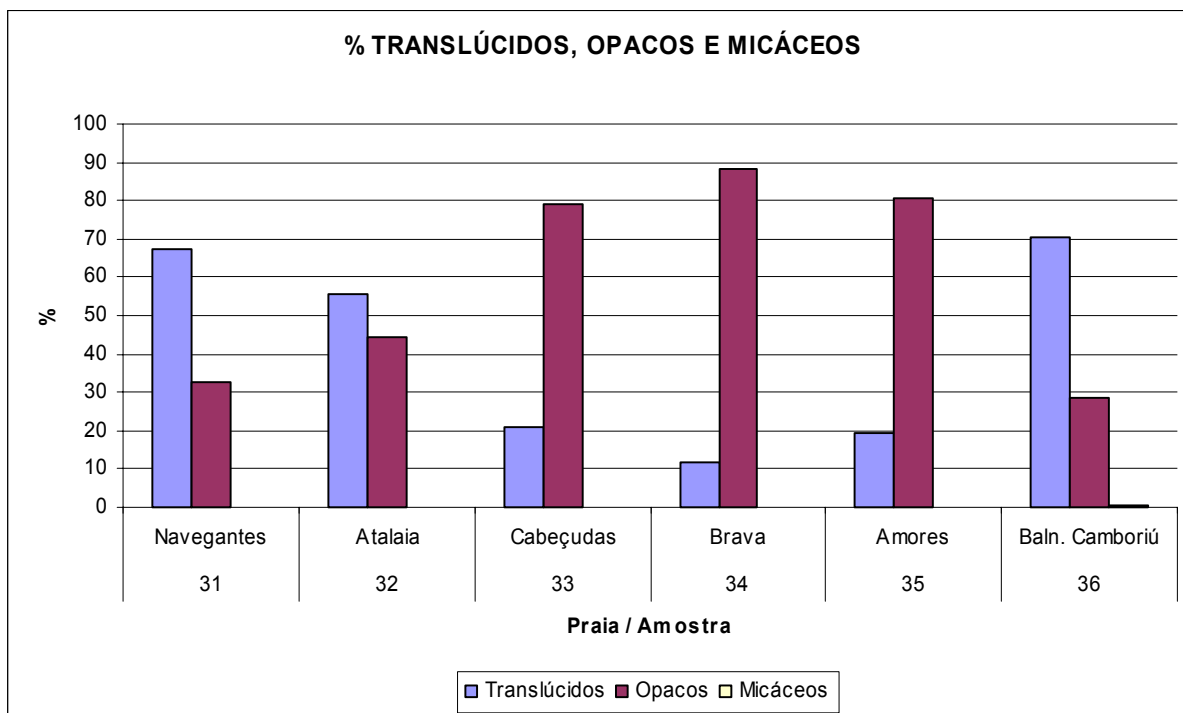
Entre os opacos, que perfazem na média 59,04 %, foram identificados ilmenita, magnetita, leucoxênio, limonita, hematita, e os fragmentos de rochas. Destes, a ilmenita apresenta-se em maior quantidade, com cerca de 47,45 %, seguido pela magnetita, com 5,24 %.

Entre os minerais pesados transparentes, que perfazem na média 40,84 % nas amostras, foram identificados: hornblenda, turmalina, augita, zircão, epidoto, silimanita, topázio, monazita, rutilo, granada, diopsídio, actinolita, cianita, estaurolita, hiperstênio, olivina e alanita. Dentre estes, os principais minerais transparentes foram a hornblenda, com 7,31 % e a turmalina com 6,18 %.

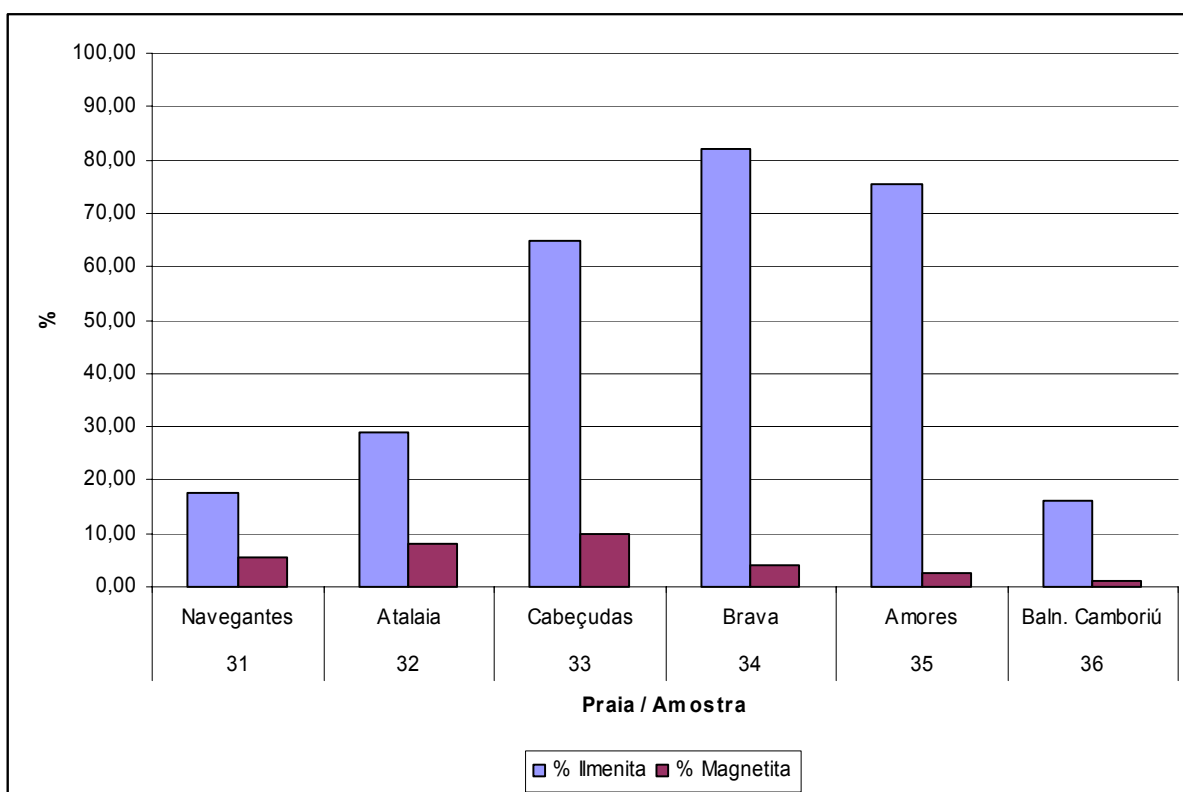
O único mineral micáceo identificado foi a biotita, com 0,12 %. Juntamente com estes minerais, 2,98 % não puderam ser identificados com alguma segurança, devido principalmente a alterações, formando então os minerais não identificados.

Tanto os minerais translúcidos, quanto os opacos, apresentam concentrações que variam bastante de acordo com os sedimentos das praias (Fig. 61). Os opacos, com valores máximos de cerca de 86 %, se sobressaem aos translúcidos nas praias de Cabeçudas, Brava e Amores. Já os translúcidos, por outro lado, com valores máximos em torno de 70 %, possuem maiores concentrações nas praias de Navegantes, Balneário Camboriú e Atalaia.

A ilmenita é o mineral mais comum, assim como é o mais abundante em quase todas as praias da área de estudo. Suas maiores concentrações estão nas praias Brava, Amores e Cabeçudas, onde alcançam cerca de 81 % (Fig. 62).



**FIGURA 61 – Gráfico das concentrações dos minerais translúcidos e opacos nos sedimentos das praias da área de estudo.**



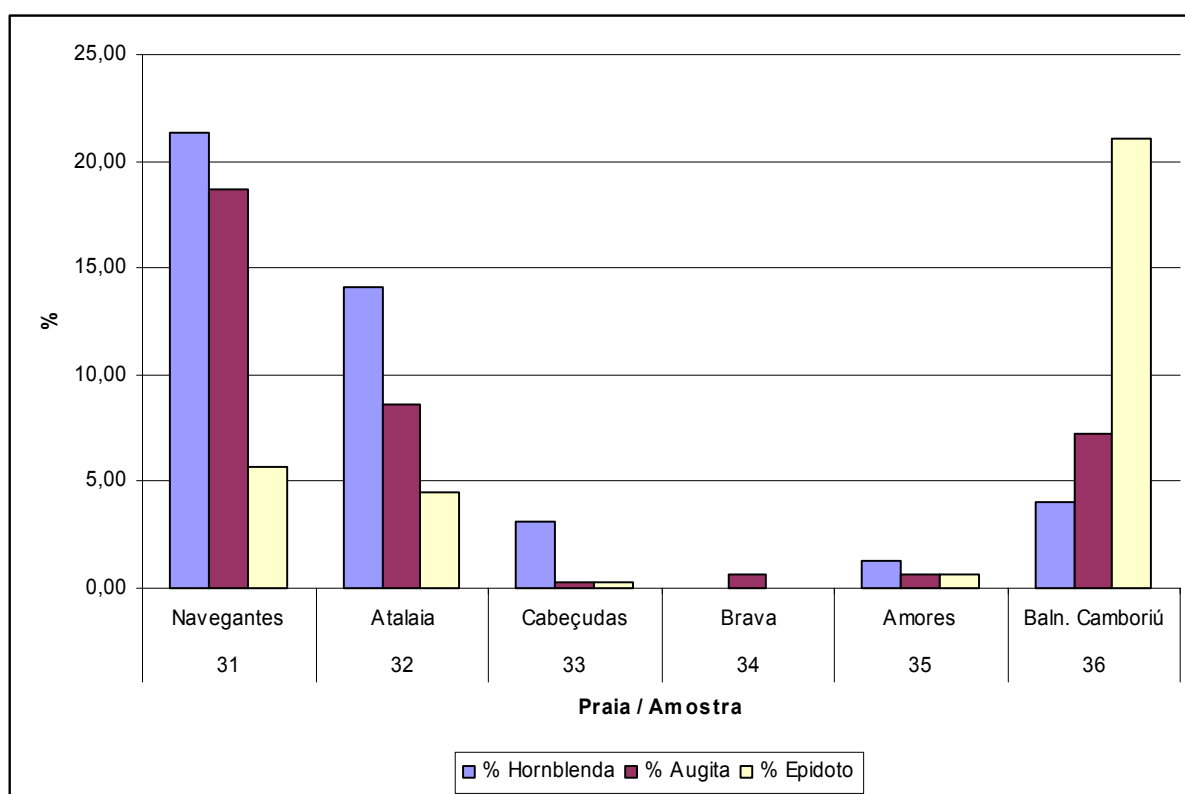
**FIGURA 62 – Gráfico das concentrações de ilmenita e magnetita nos sedimentos das praias da área de estudo.**

A magnetita é o segundo mineral opaco mais abundante, com concentrações que chegam a 10 % na praia de Cabeçudas (Fig. 62).

Em relação aos minerais translúcidos, a hornblenda, que é o segundo mineral mais abundante, foi o que apresentou as maiores concentrações, chegando a mais de 20 % na praia de Navegantes (Fig. 63). Entretanto, não foi encontrado na praia Brava.

A augita apresentou concentração máxima similar com a da hornblenda, 18,67 % em Navegantes, e variações que também seguem o mesmo padrão (Fig. 63). Entretanto, os valores médios são menores, com exceção da praia Brava e de Balneário Camboriú.

O epidoto, ao contrário, apresentou sua maior concentração na praia de Balneário Camboriú, com cerca de 21 % (Fig. 63). Entretanto, não está presente na praia Brava.

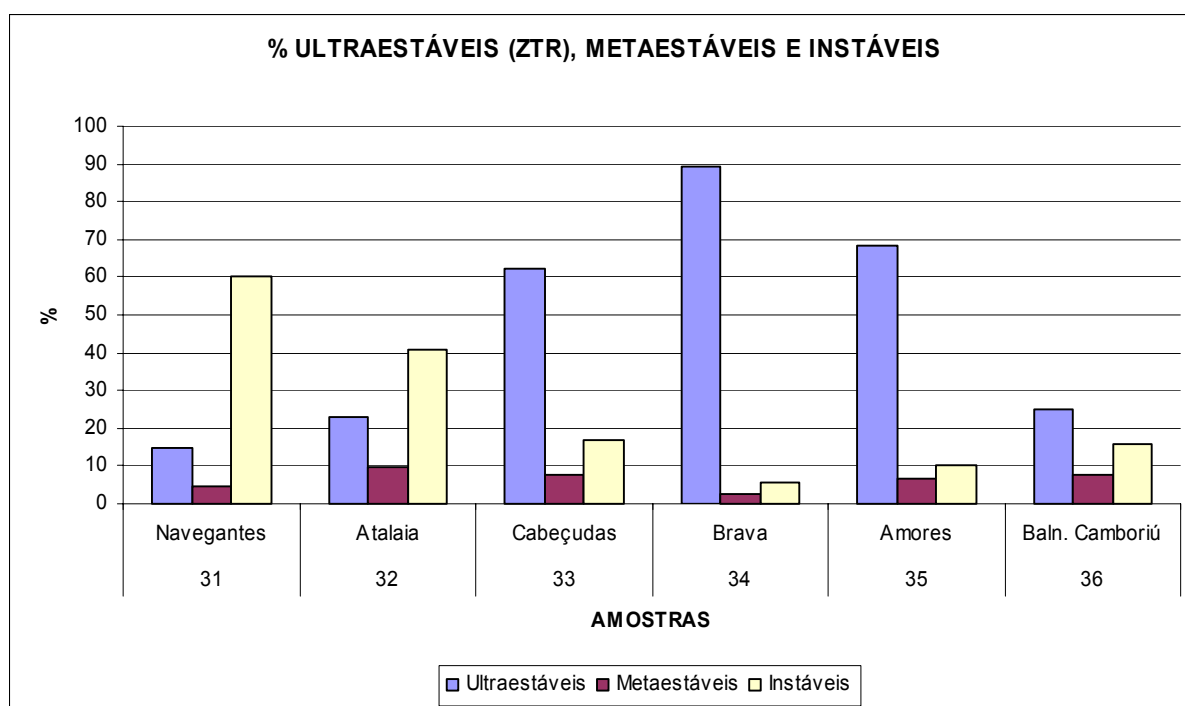


**FIGURA 63 – Gráfico das concentrações de hornblenda, augita e epidoto nos sedimentos das praias da área de estudo.**

O zircão, a turmalina e o rutilo foram combinados para o cálculo do índice ZTR (zircão + turmalina + rutilo), que teve uma média de 47,05 %. Os maiores

valores se apresentaram nas praias ao sul da desembocadura do rio Itajaí-Açu: praias Brava (90 %), Amores e Cabeçadas, indicando a maior maturidade destes sedimentos (Fig. 64). Na única praia ao norte da desembocadura, em Navegantes, pode ser observado o menor valor de estabilidade (15%), indicando uma menor maturidade destes sedimentos (Fig. 64).

Foi calculado o índice para os metaestáveis (estauroлита, apatita, pistachita, cianita, silimanita e granada) e instáveis (hornblenda, hiperstênio, augita e andaluzita), observando-se a grande quantidade de minerais instáveis na praia de Navegantes, ao norte da desembocadura, e a diminuição destes para o sul (Fig. 64).

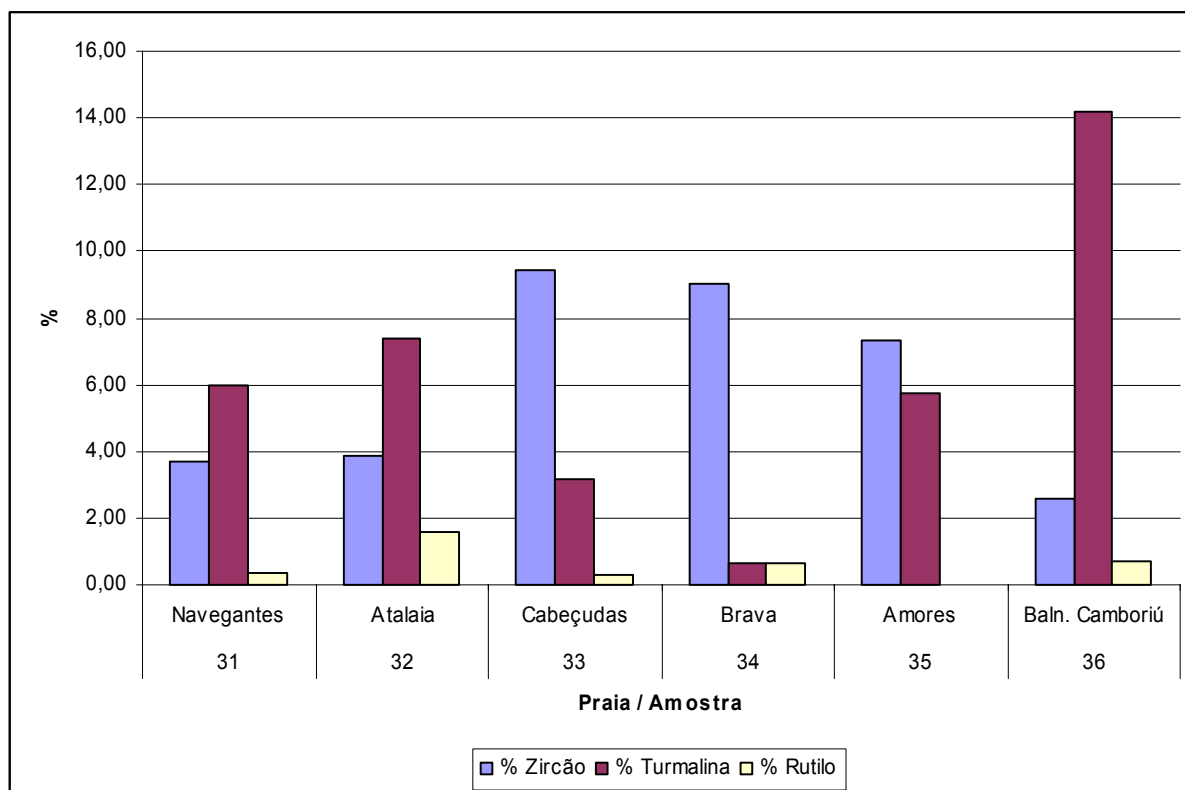


**FIGURA 64 – Gráfico de variação dos índices de minerais ultraestáveis (ZTR), metaestáveis e instáveis, de acordo com os pontos amostrados nas praias da área de estudo.**

A turmalina foi o terceiro mineral mais abundante, estando presente em todas as praias amostradas. Sua maior concentração foi na praia de Balneário Camboriú, onde alcançou cerca de 14% (Fig. 65). Seu menor valor foi na praia Brava, onde não chegou a 1 %.

O zircão também esteve presente em todas as praias, sendo um mineral bastante comum (Fig. 65). Apresentou valor máximo de concentração na praia de Cabeçadas (9,44 %).

Já o rutilo, apesar de ser relativamente raro, só não esteve presente na praia dos Amores (Fig. 65). Sua maior concentração foi na praia do Atalaia (1,60 %).



**FIGURA 65 – Gráfico das concentrações de zircão, turmalina e rutilo nos sedimentos das praias da área de estudo.**

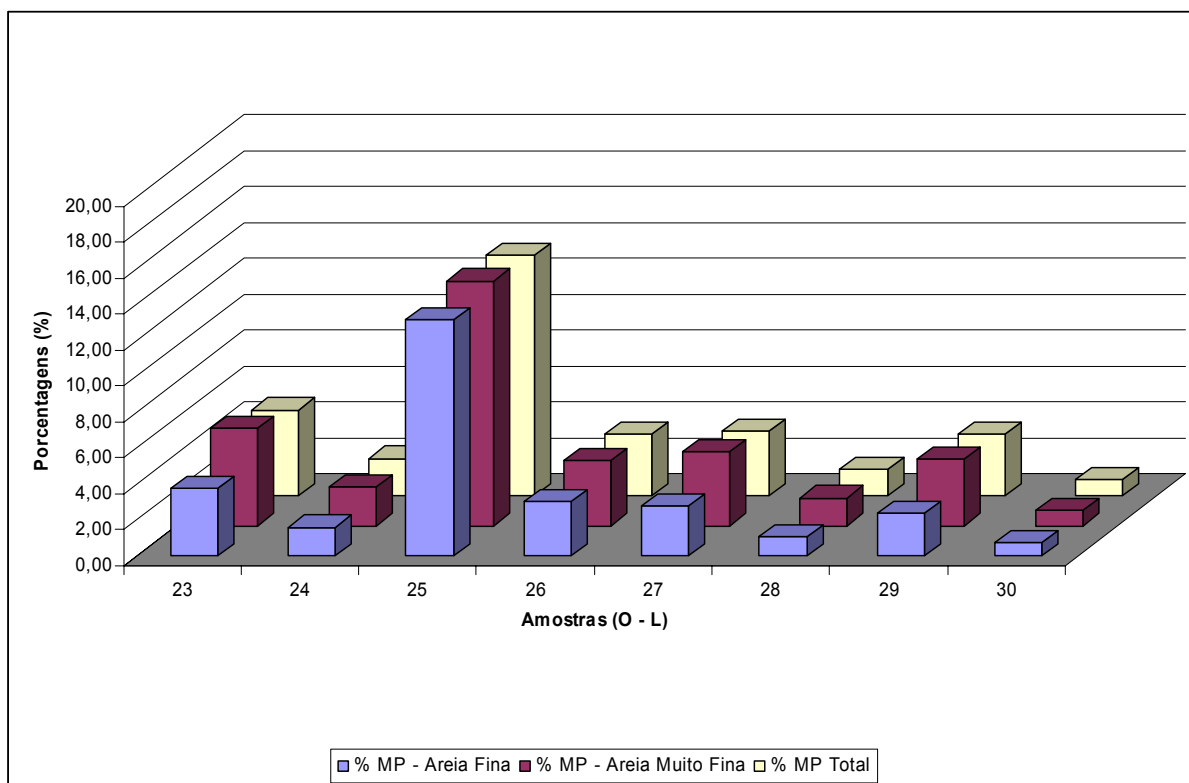
Ao levar em conta o ponto de vista da geologia econômica, observa-se a ocorrência de algumas determinadas áreas com tendência para a formação de pláceres de minerais pesados, principalmente de ilmenita, nas praias Brava (Itajaí) e Amores (Balneário Camboriú), passíveis de um estudo mais detalhado.

### 7.3.3 Rio Itajaí-Açu

De acordo com os gráficos de distribuição de minerais pesados ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu, foi possível observar valores de concentração de minerais pesados bem semelhantes, tanto nas frações de 3-4 *phi* (porcentagem total) como apenas nas frações 3 *phi* e 4 *phi*. A análise da concentração de minerais pesados na direção oeste-leste detectou pequenas variações nas concentrações, com pequena tendência de diminuição na direção da foz do rio (Fig. 66). A exceção



seria o ponto 25, próximo ao centro de Gaspar, onde podemos observar uma maior concentração de minerais pesados, com teores de até 13,37 %.



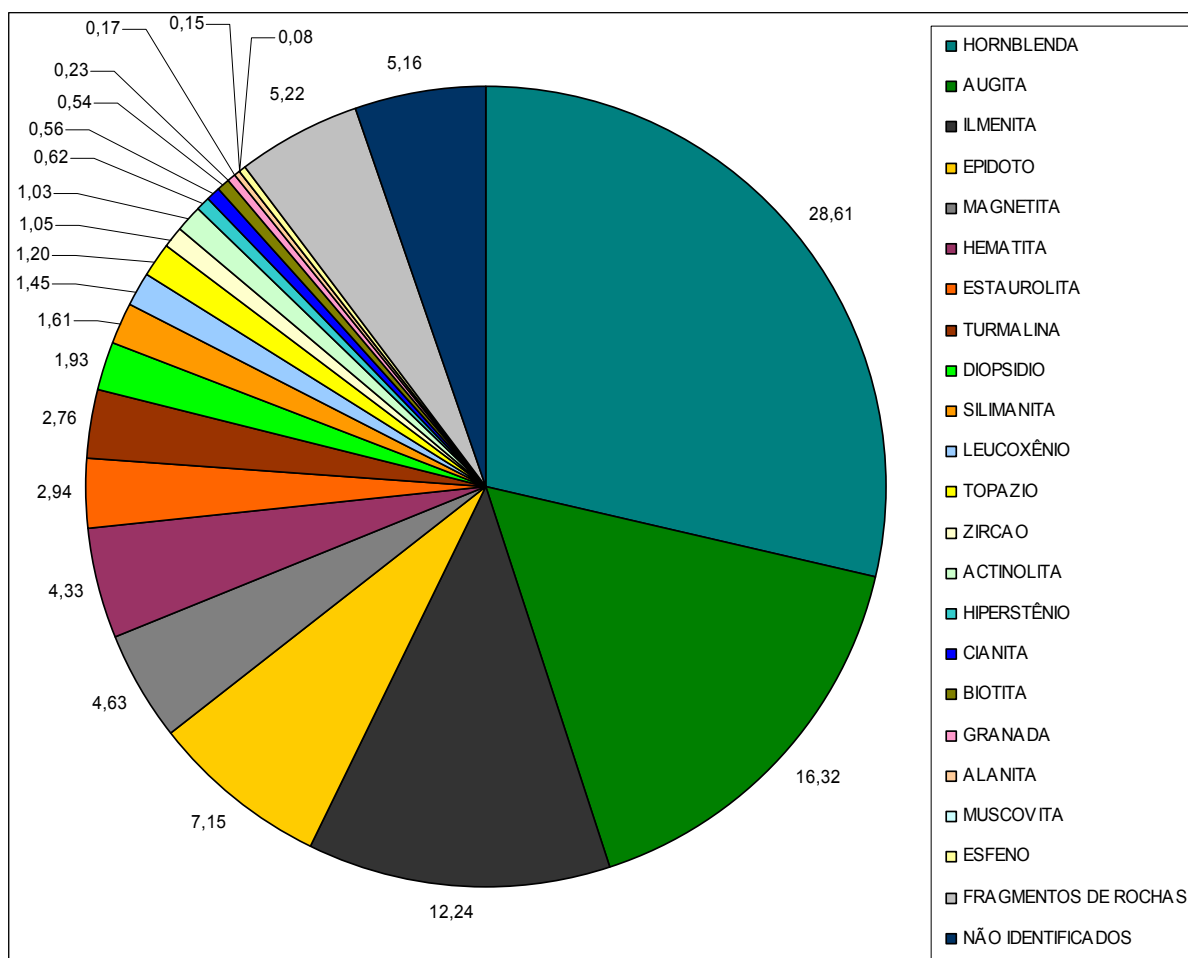
**FIGURA 66 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

Neste local, a grande concentração de minerais pesados pode indicar que, além da possível fonte ser o próprio embasamento rochoso que aflora próximo a este ponto no canal do rio, estaria ocorrendo também a concentração maior de pesados em locais que, segundo Suguio (2003), seriam favoráveis à concentração destes no ambiente fluvial (calderões, marmitos, bases de corredeiras). Nos outros pontos, a concentração de minerais pesados apresenta menores variações, se mantendo quase que constante ao longo do rio. A menor concentração de minerais pesados foi definida próximo à Itajaí, 0,86%, próximo a foz, onde o sedimento se compõe principalmente por silte e argila. Esta baixa concentração pode estar ligada ao fato de o local ser um ambiente de estuário, não muito favorável à deposição e concentração dos minerais pesados nos tamanhos de grão analisados.

Especificamente, para a fração correspondente à areia muito fina (4 *phi*), podem ser observados em determinados locais, os mesmos padrões de

concentração de minerais pesados, que alcançam até 13,64%, também próximo ao centro de Gaspar (Fig. 66). Entretanto, ainda assim esta fração obteve, em alguns pontos, uma concentração um pouco maior. Na classe 3 *phi*, também pode ser observado o mesmo padrão anterior, novamente com a maior concentração em Gaspar, alcançando 13,16%. (Fig. 66).

Várias espécies de minerais pesados foram identificadas ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu, conforme a figura 67 e a tabela 7.



**FIGURA 67 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais encontrados nos sedimentos ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

**TABELA 7 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos do canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

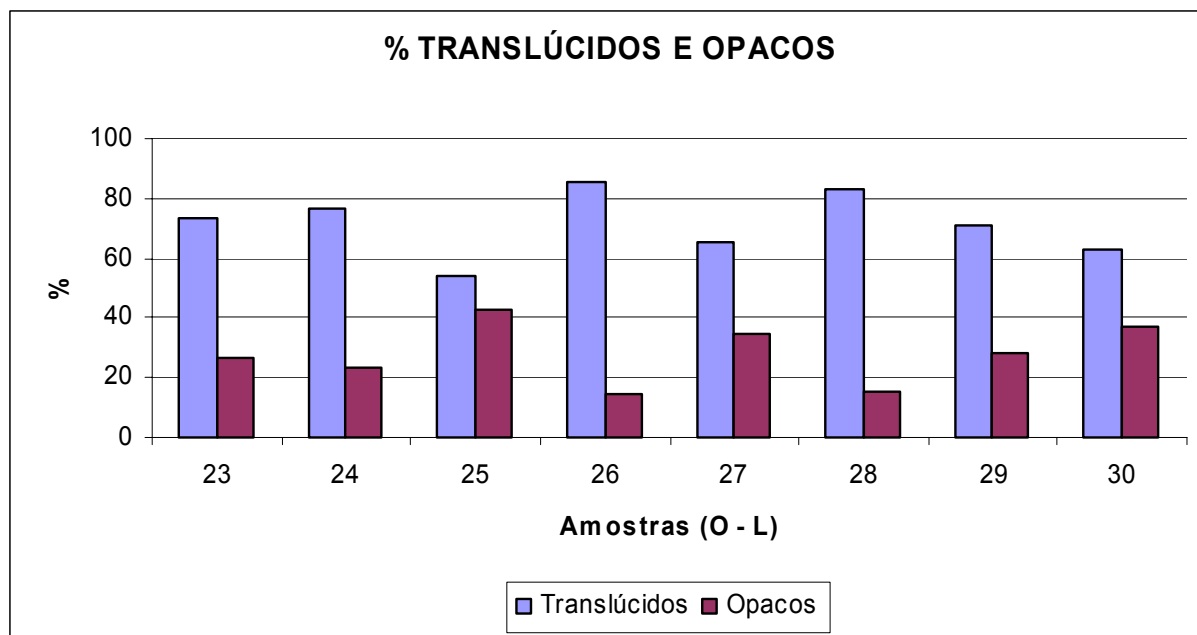
Mineral	Porcentagem média
Hornblenda	28,61
Augita	16,32
Ilmenita	12,24
Epidoto	7,15

Magnetita	4,63
Hematita	4,33
Estaurolita	2,94
Turmalina	2,76
Diopsídio	1,93
Silimanita	1,61
Leucóxênio	1,45
Topázio	1,20
Zircão	1,05
Actinolita	1,03
Hiperstênio	0,62
Cianita	0,56
Biotita	0,54
Granada	0,23
Alanita	0,17
Muscovita	0,15
Esfeno	0,08
Fragmentos de rochas	5,22
Não identificados	5,16

Entre os minerais pesados transparentes, que perfazem na média 71,45% das amostras, foram identificados: hornblenda, augita, epidoto, estaurolita, turmalina, diopsídio, silimanita, topázio, zircão, actinolita, hiperstênio, cianita, granada, alanita e esfeno. Dentre estes, os principais minerais transparentes foram a hornblenda, o mineral mais abundante com 28,61% e a augita com 16,32%.

Entre os opacos, que perfazem na média 27,87%, foram identificados ilmenita, magnetita, hematita, leucóxênio e os fragmentos de rochas, e destes, a ilmenita apresenta-se em maior quantidade, com cerca de 12%. Os minerais micáceos identificados, com cerca de 0,69%, foram a biotita e a muscovita. Juntamente com estes minerais, 5,16% não puderam ser identificados com alguma segurança, devido principalmente a alterações, formando então os minerais não identificados.

Tanto os minerais translúcidos, quanto os opacos, apresentam concentrações que variam ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu (Fig. 68). Os translúcidos se sobressaem aos opacos em todos os pontos, com grandes diferenças em determinados locais, como no ponto 26 (71,52 %). Entretanto, no ponto 25 existe uma menor diferença entre os valores de opacos e transparentes (11,33%).

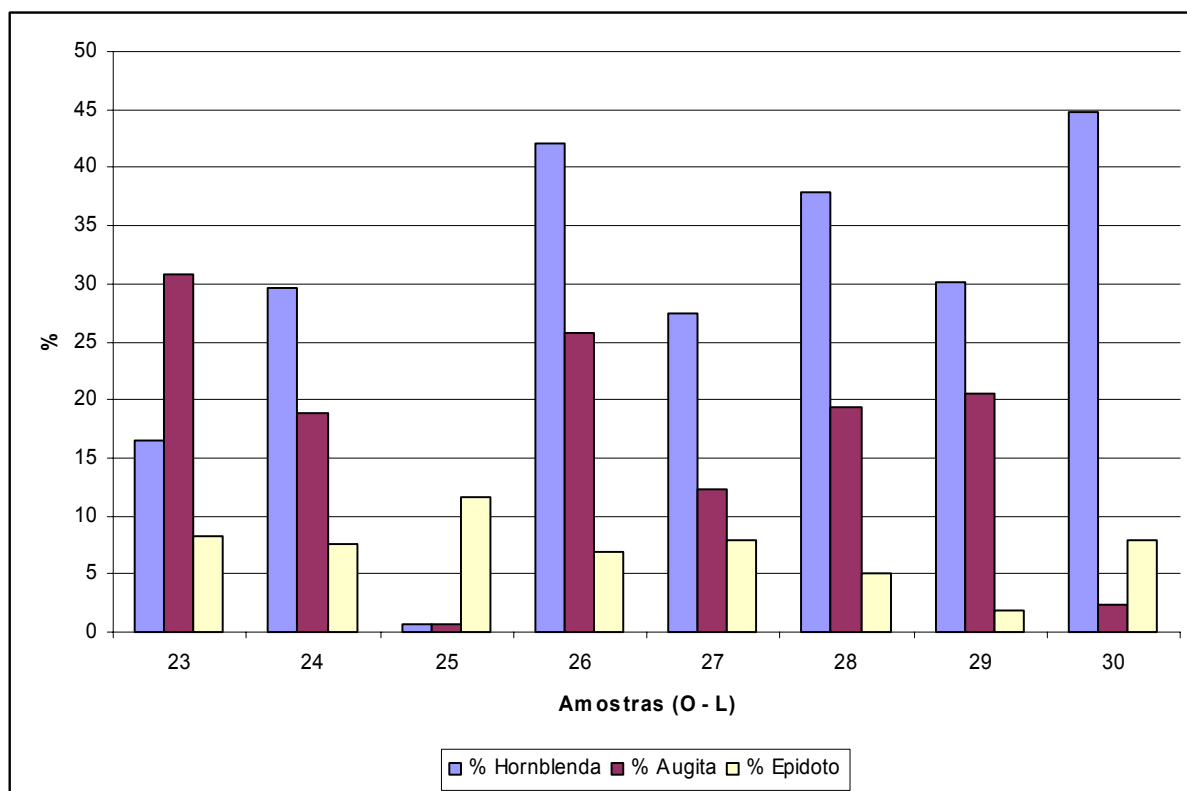


**FIGURA 68 – Gráfico das concentrações dos minerais translúcidos e opacos ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

A hornblenda é o mineral mais comum, assim como é o mais abundante ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu. Sua crescente concentração no início da área de estudo é interrompida por uma diminuição no ponto 25, tendendo em seguida a permanecer quase constante em direção a foz, com algumas flutuações (Fig. 69).

A augita constitui em média, 16,32% dos minerais, sendo o segundo mineral mais abundante. A augita se apresenta com uma diminuição em sua concentração à partir do início da área de estudo, até o ponto 25 onde, assim como a hornblenda, apresentou uma baixa concentração (Fig. 69). Os valores voltam a aumentar em seguida e diminuem próxima a foz.

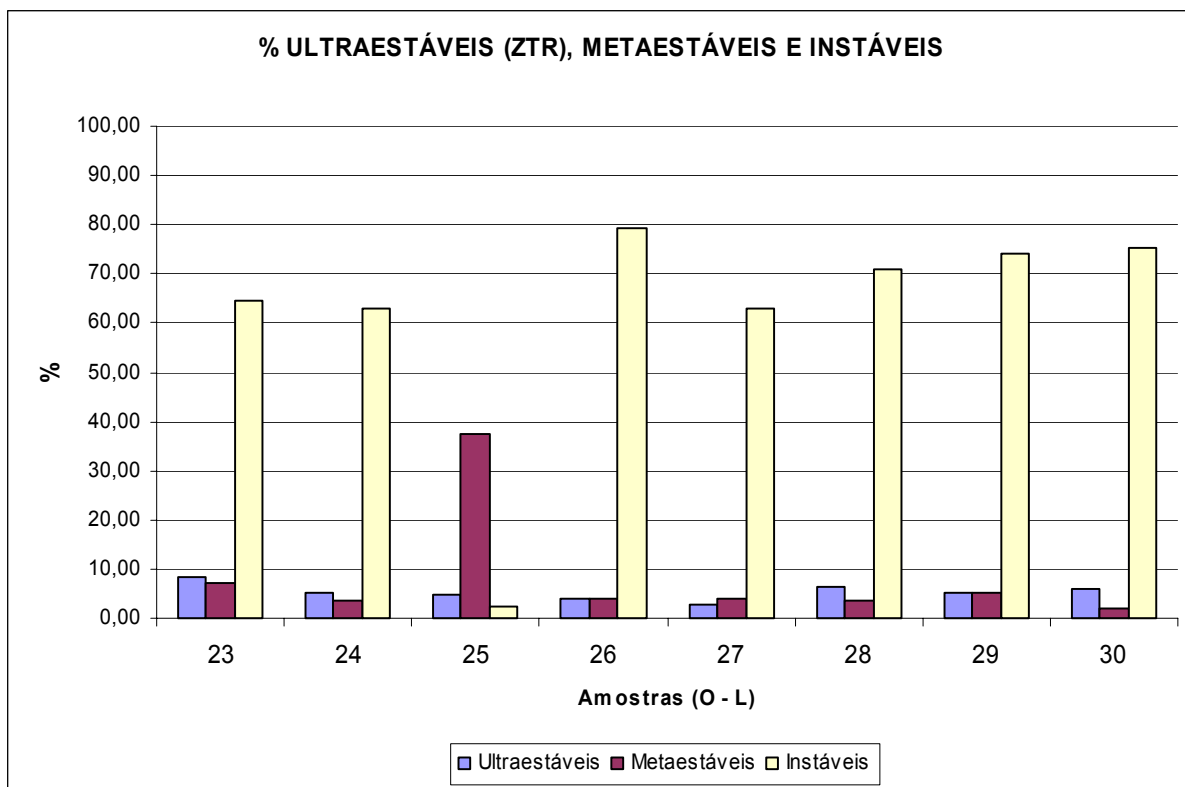
O epidoto foi o terceiro mineral transparente mais abundante, com média de 7,15% dos minerais pesados. Suas concentrações se apresentaram constantes, com uma diminuição no ponto 29, e voltando a aumentar próximo a foz (Fig. 99).



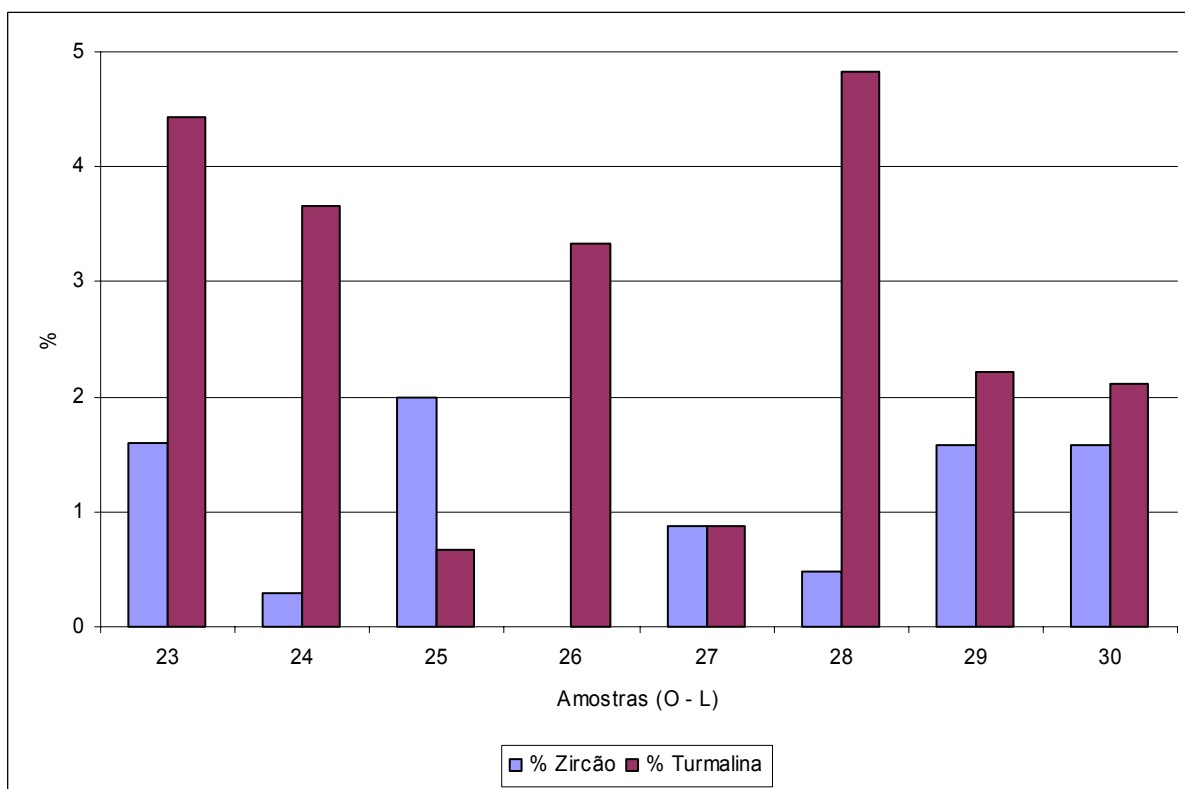
**FIGURA 69 – Gráfico da concentração de hornblenda, augita e epidoto ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

O zircão, a turmalina e o rutilo foram combinados para o cálculo do índice ZTR (zircão + turmalina + rutilo), que teve uma média de 5,31%. Apesar da não ocorrência do rutilo nos sedimentos fluviais, o índice pode ser calculado somente com as porcentagens da turmalina e do zircão. Os maiores valores se apresentaram no início da área de estudo, próximo a Gaspar (ponto 23), com 8,22%. Ao longo do rio este valor diminui até o ponto 27, com 2,68%, indicando uma menor maturidade, mas tende a aumentar em direção a foz (Fig. 70).

O índice para os minerais metainstáveis (estauroлита, apatita, pistachita, cianita, silimanita e granada) e instáveis (hornblenda, hiperstênio, augita e andaluzita), definiu uma grande quantidade de minerais instáveis ao longo do canal fluvial, com exceção ao ponto 25. Isto praticamente confirma a contribuição do rio Itajaí-Açu para a plataforma continental interna adjacente, de acordo com o observado por Souza (2004).



**FIGURA 70 – Gráfico de variação dos índices de minerais ultraestáveis (ztr), metaestáveis e instáveis, de acordo com os pontos amostrados no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**



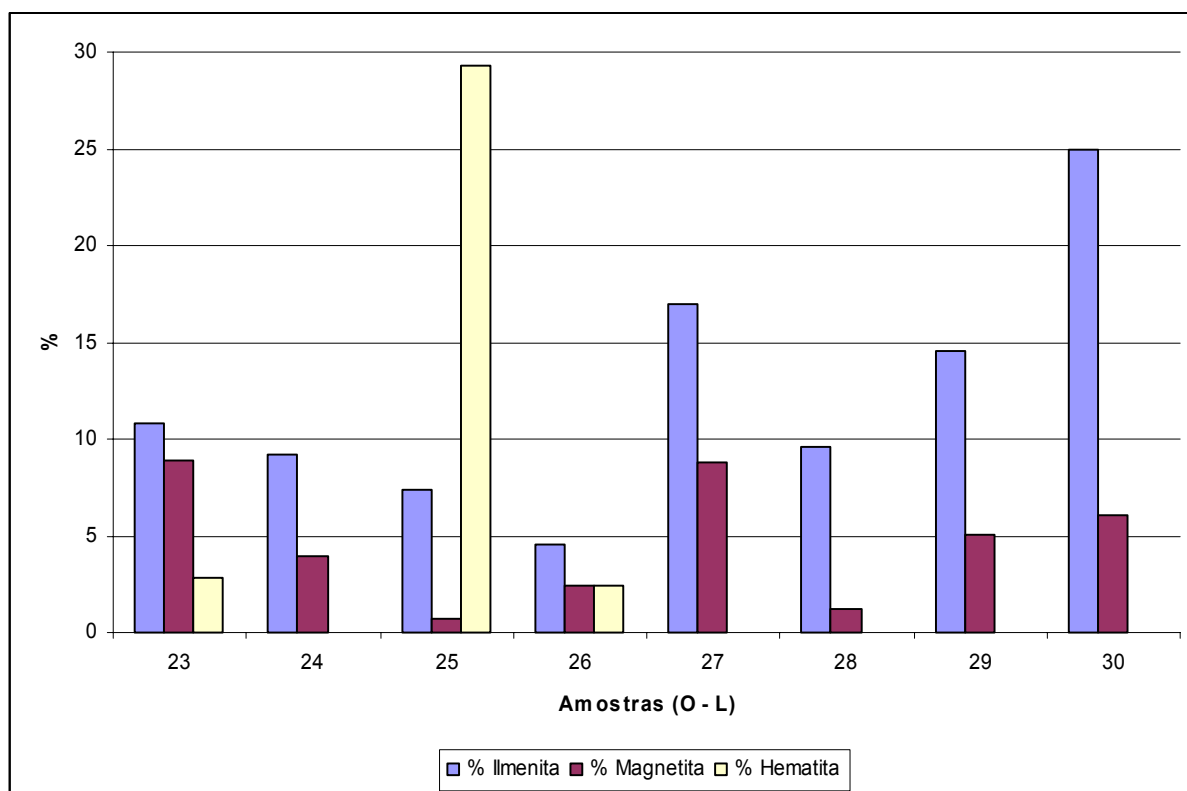
**FIGURA 71 – Gráfico das concentrações de zircão e turmalina ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

Destes minerais, a turmalina se apresentou numa maior concentração, com valores máximos de cerca de 4,5 % (Fig. 71), enquanto o zircão apresentou uma concentração máxima de 2 % (Fig. 71). Ambos minerais variaram ao longo do canal do rio.

Dentre os opacos, a ilmenita foi o mineral mais abundante, com valor máximo de 25 %. Suas concentrações se apresentaram quase que constantes no início da área de estudo e aumentando gradualmente ao longo do canal até a foz (Fig. 72).

A magnetita foi o segundo opaco mais abundante. Apresentou oscilações em sua concentração (Fig. 72), com maiores valores nos pontos 23 (8,89%) e 27 (8,75%), e baixas concentrações nos pontos 25 (0,67%) e 28 (1,2%).

A hematita apresentou uma concentração média de 4,33%, semelhante a da magnetita. Entretanto, chama a atenção à alta concentração deste mineral no ponto 25 (29,33%) e a baixa concentração ou inexistência em outros pontos (Fig. 72). Provavelmente esta sua grande concentração neste ponto se deve aos afloramentos rochosos que ocorrem nesta área.

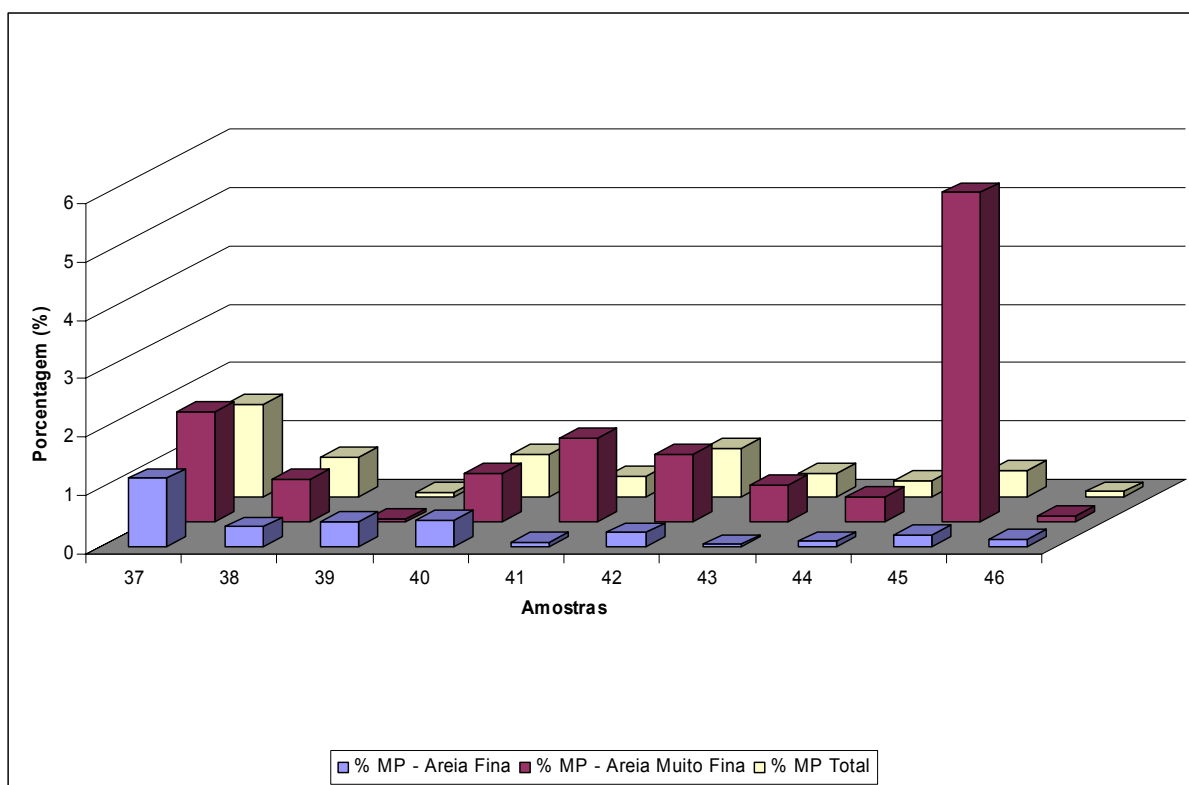


**FIGURA 72 – Gráfico das concentrações de ilmenita, magnetita e hematita ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu.**

Para o canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu, sob o ponto de vista da geologia econômica, não foi observada a ocorrência de nenhum plácer de minerais pesados, mas indicou a tendência de concentração de alguns minerais em determinadas áreas, passíveis de um estudo mais detalhado.

#### 7.3.4 Plataforma continental interna

Em relação aos padrões de distribuição, os minerais pesados constituintes do sedimento superficial da plataforma continental estão associados predominantemente à areia muito fina, concentrados no intervalo da classe 3 *phi* - 4 *phi* (0,125 mm a 0,062 mm de diâmetro). Nos intervalos correspondentes à areia fina (2 *phi* - 3 *phi*), também ocorrem concentrações de minerais pesados, porém em quantidades não muito significativas em relação à fração mais fina da areia (Fig. 73).

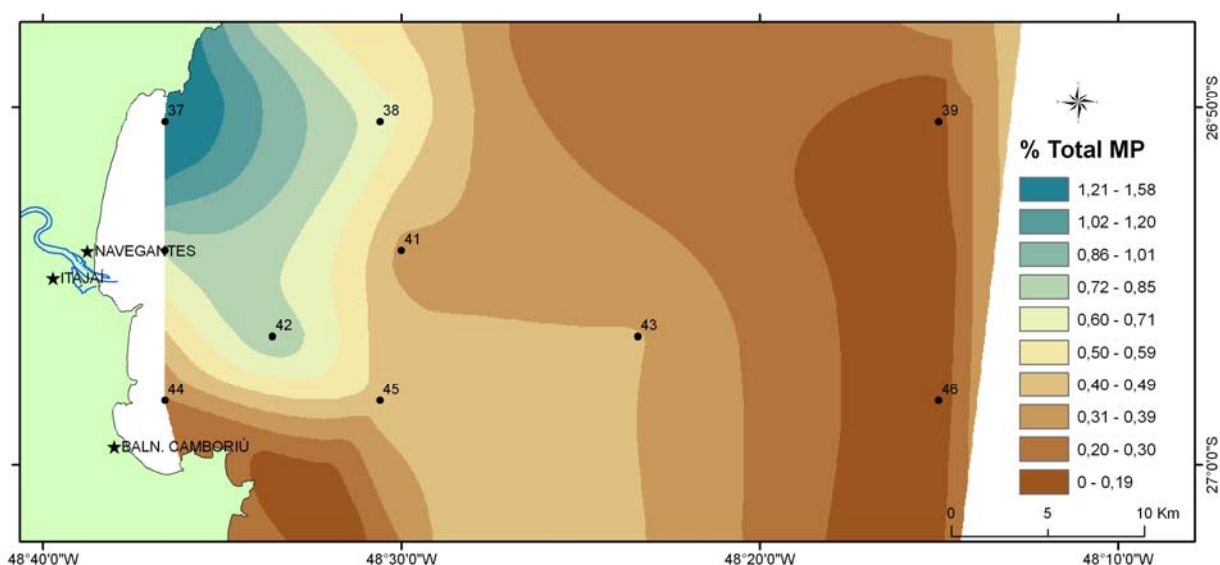


**FIGURA 73 – Gráfico contendo as porcentagens de minerais pesados totais (dentro das frações analisadas) e por classe granulométrica, em cada amostra da plataforma continental.**

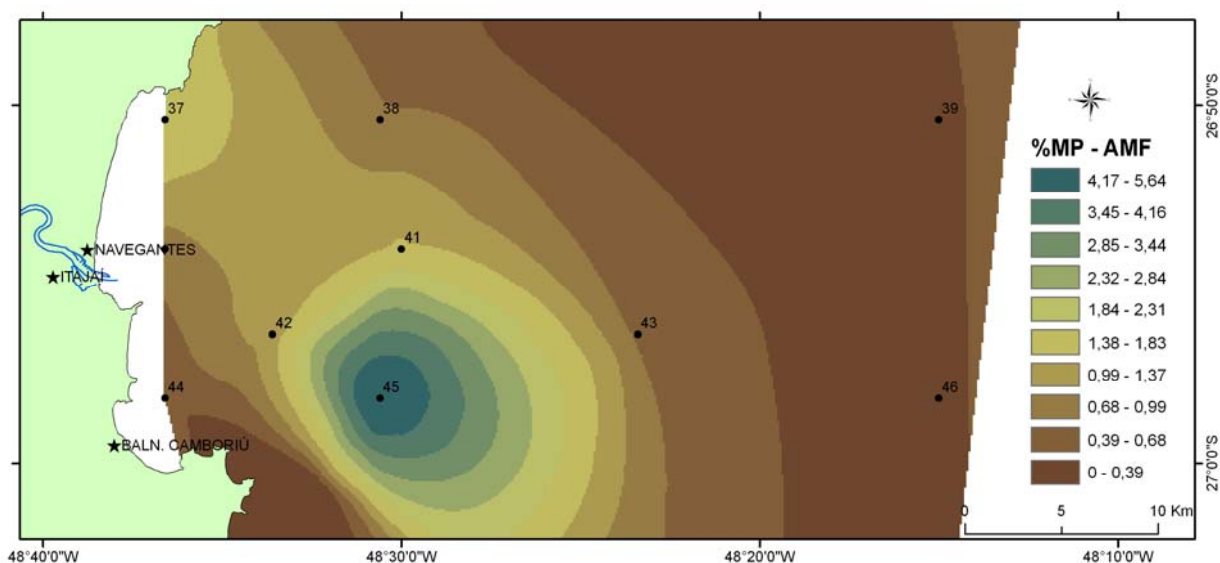
Uma região da área de estudo se destaca como área de relativa ocorrência de minerais pesados. Ela situa-se ao largo do rio Itajaí-Açu, estendendo-se para



norte a partir da barra do rio. Nesta localidade a concentração de minerais pesados corresponde a 1,58% do sedimento considerando o intervalo de classes granulométricas de 3 *phi* - 4 *phi*, o conjunto das duas classes em que mais se concentra a fração pesada (Fig. 74). Analisando apenas a fração 4 *phi*, nesta mesma área, a concentração aumenta consideravelmente chegando a cerca de 6% de pesados no sedimento (Fig. 75).

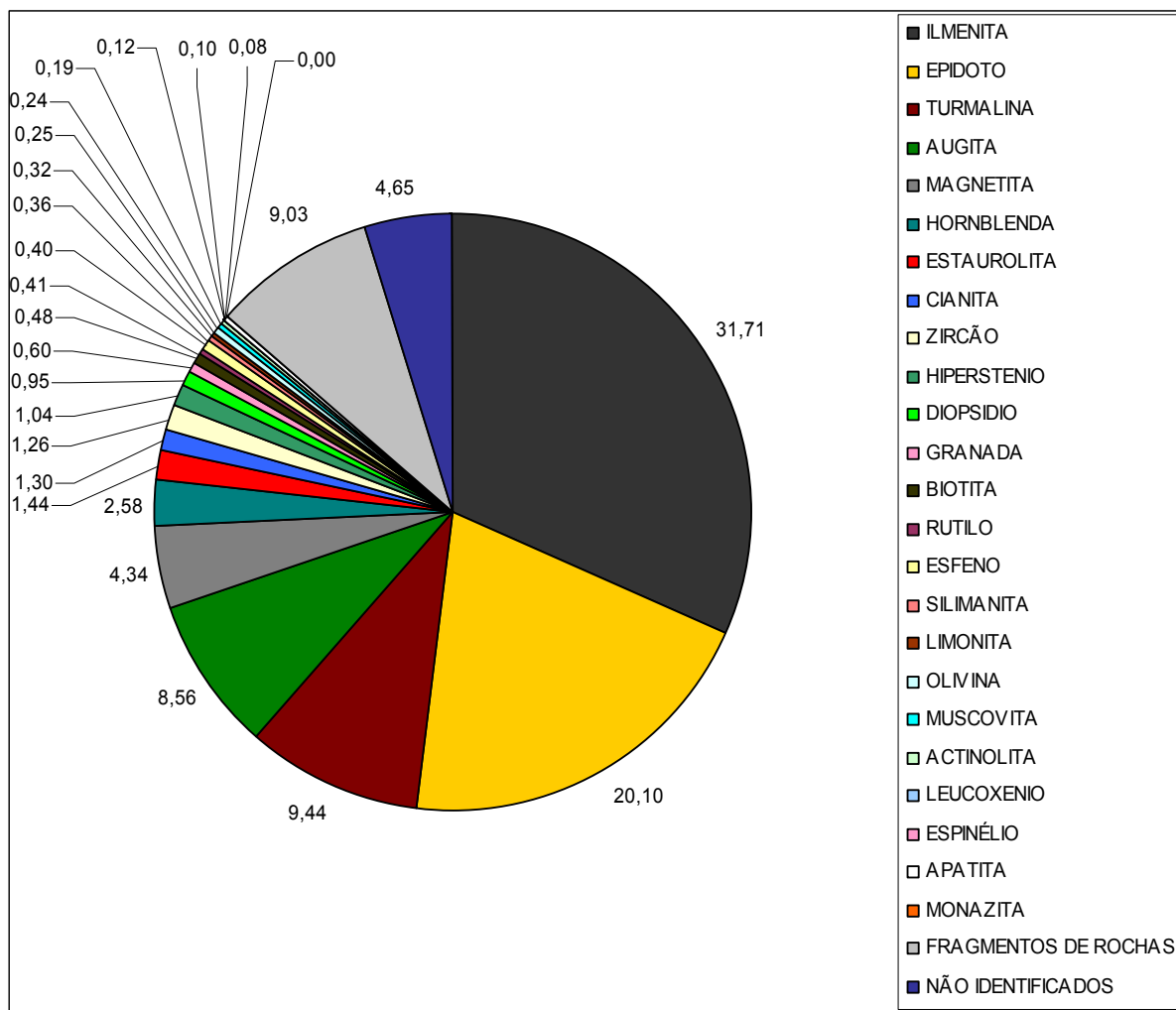


**FIGURA 74 – Mapa de isovalores de concentração de minerais pesados na amostra total (3 *phi* - 4 *phi*).**



**FIGURA 75 – Mapa de isovalores de concentração de minerais pesados considerando somente o intervalo de classe granulométrica areia muito fina (4 *phi*).**

Muitas espécies de minerais pesados também foram identificadas nos sedimentos da plataforma continental adjacente, como se pode observar na figura 76 e na tabela 8.



**FIGURA 76 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais encontrados nos sedimentos da plataforma continental.**

**TABELA 8 – Porcentagem média de ocorrência mineral nos sedimentos da plataforma continental.**

Mineral	Porcentagem média
Ilmenita	31,71
Epidoto	20,10
Turmalina	9,44
Augita	8,56
Magnetita	4,34
Hornblenda	2,58
Estauroлита	1,44
Cianita	1,30

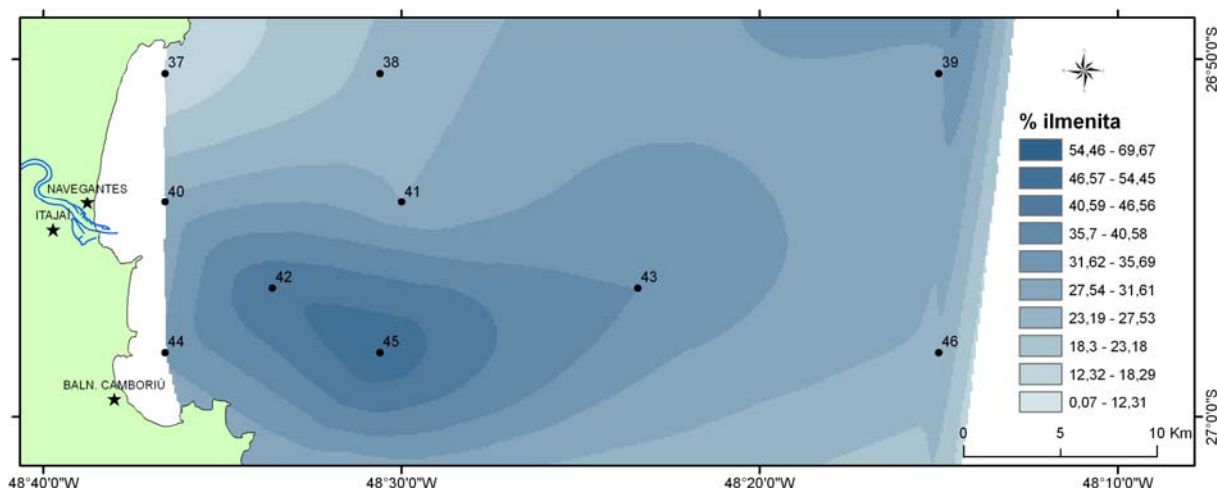
Zircão	1,26
Hiperstenio	1,04
Diopsídio	0,95
Granada	0,60
Biotita	0,48
Rutilo	0,41
Esfeno	0,40
Silimanita	0,36
Limonita	0,32
Olivina	0,25
Muscovita	0,24
Actinolita	0,19
Leucóxênio	0,12
Espinélio	0,10
Apatita	0,08
Monazita	0,00
Fragmentos de rochas	9,03
Não identificados	4,65

Entre os opacos, que perfazem na média 45,52 %, foram identificados ilmenita, magnetita, limonita, leucóxênio e os fragmentos de rochas. Destes, a ilmenita apresenta-se em maior quantidade, com cerca de 32 %, seguido pela magnetita, com 4,34 %.

Entre os minerais pesados transparentes, que perfazem na média 54,43 % nas amostras, foram identificados: epidoto, turmalina, augita, hornblenda, estaurolita, cianita, zircão, hiperstênio, diopsídio, granada, rutilo, esfeno, silimanita, olivina actinolita, espinélio, apatita e monazita. Dentre estes, os principais minerais transparentes foram o epidoto, com 30,1 % e a turmalina com 9,44 %.

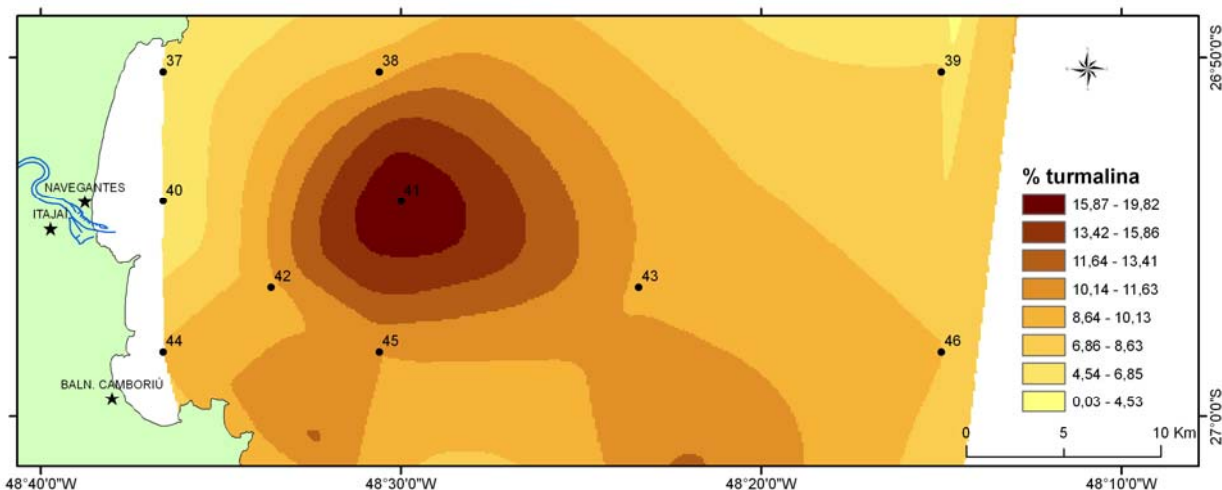
Os minerais micáceos identificados, com cerca de 0,06 %, foram a biotita e a muscovita. Juntamente com estes minerais, 4,65 % não puderam ser identificados com alguma segurança, devido principalmente a alterações, formando então os minerais não identificados.

A ilmenita é o mineral mais abundante, estando presente em todas as amostras. Seu mapa de distribuição mostra nitidamente uma tendência de enriquecimento na plataforma continental interna, compreendendo as regiões no centro da área de estudo próxima à costa (Fig. 77).



**FIGURA 77 – Mapa de distribuição da ilmenita na plataforma continental.**

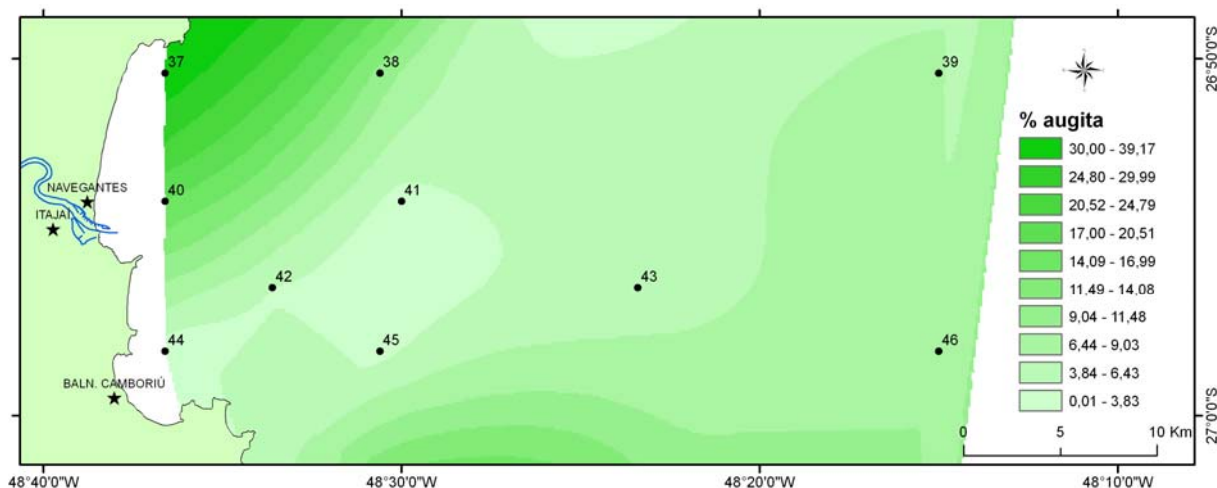
A turmalina é um dos minerais mais abundantes, estando presente também em quase todas as amostras. A turmalina apresentou grandes concentrações no centro da área de estudo, ao largo da foz do rio Itajaí-Açu (Fig. 78). Assim como pôde ser observado pelo Índice ZTR, a turmalina apresentou uma tendência de se enriquecer nos locais onde predominam as areias que estariam sendo retrabalhadas pela plataforma continental.



**FIGURA 78 – Mapa de distribuição da turmalina na plataforma continental.**

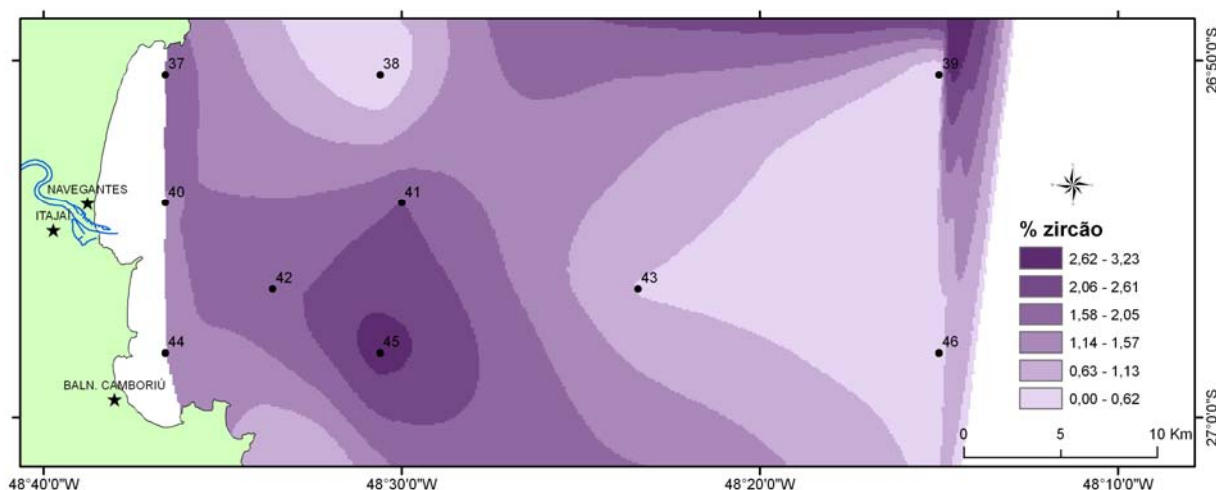
A augita é um mineral que aparece em boas proporções nas amostras analisadas. Suas maiores concentrações se encontram, principalmente próximas à foz do rio Itajaí-Açu, aumentando para o norte (Fig. 79). Uma possível resposta a este comportamento, principalmente na desembocadura do rio Itajaí-Açu, pode se dar pelo fato de que a augita é um mineral instável, com menor densidade em

relação aos outros minerais e com a forma característica que permite seu transporte ao longo da costa, juntamente com a pluma de descarga de sedimentos.



**FIGURA 79 – Mapa de distribuição da augita na plataforma continental.**

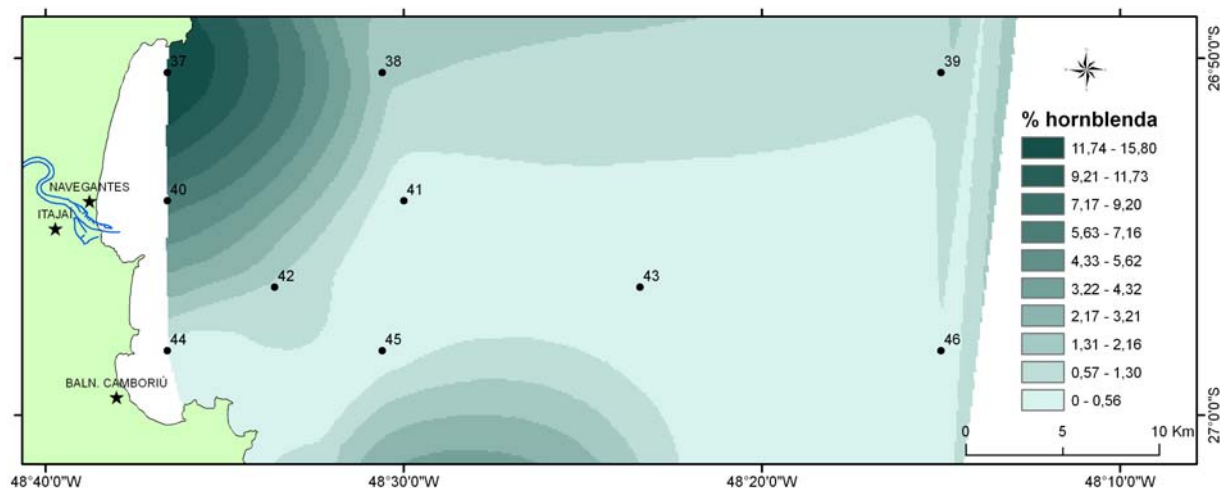
A distribuição do zircão pode ser vista na figura 80, onde se observa que o mesmo apresentou percentuais relativamente baixos. O zircão se concentrou, principalmente, no centro e no extremo norte da área de estudo.



**FIGURA 80 – Mapa de distribuição do zircão na plataforma continental.**

A hornblenda não é um mineral muito comum, já que não ocorreu em todas as amostras, porém, apresentou quantidades elevadas em alguns locais. Sua distribuição é muito parecida com a da augita, formando “núcleos” de concentração, principalmente próximas à foz do rio Itajaí-Açu, aumentando para o norte, e no extremo sul (Fig. 81). A hornblenda também é um mineral instável, com uma baixa

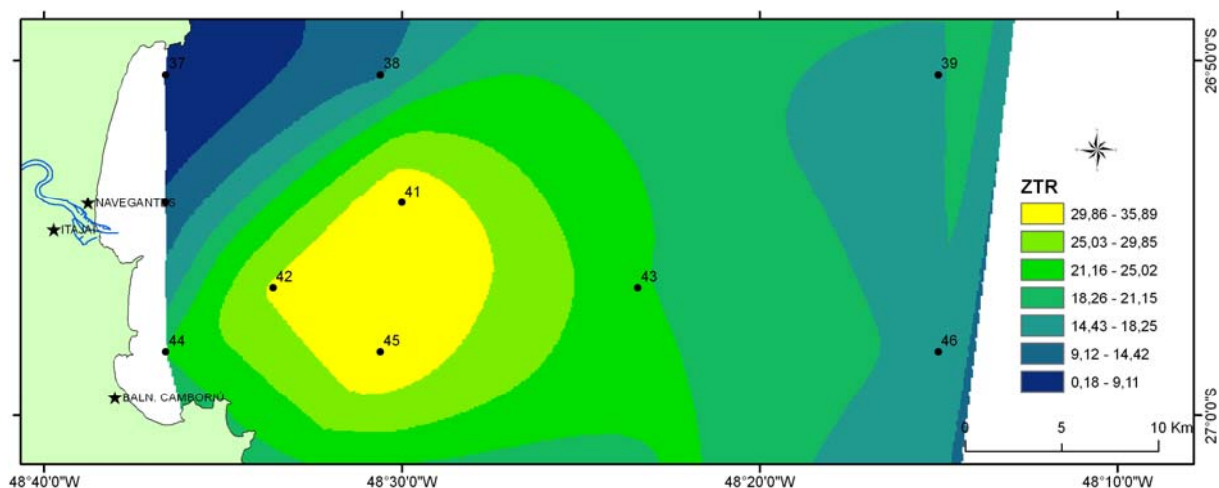
densidade em relação aos outros minerais e com a forma característica que permite o mesmo padrão de transporte ao longo da costa.



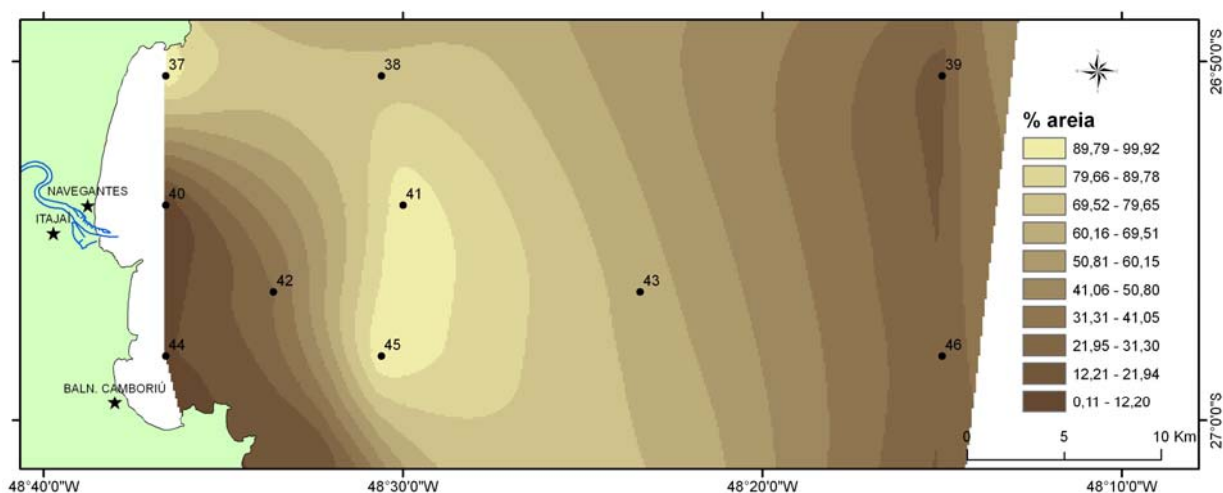
**FIGURA 81 – Mapa de distribuição da hornblenda na plataforma continental.**

Minerais como augita, hornblenda e hiperstênio, considerados instáveis ou imaturos segundo a classificação de Pettijohn (1957), e com baixo Índice de Maturidade ZTR, que teve como média 21,32 %, se distribuem a partir da desembocadura do rio Itajaí-Açu, para o norte (Fig. 82). Este padrão coincide com a dispersão da pluma estuarina do rio movida pela deriva litorânea e pelo transporte residual da coluna de água que, nesta área, tem orientação norte-noroeste (SCHETTINI, 2002; SCHETTINI *et al.*, 2003).

Por outro lado, os minerais mais estáveis como turmalina, zircão e rutilo, ocorrem com mais frequência nas amostras coletadas na porção central da área de estudo (Fig. 82). Esse fato deve-se à predominância, neste local, de depósitos arenosos extensos mapeados por Abreu (1998), resultantes do retrabalhamento sucessivo de sedimentos mais antigos (Fig. 83). Tal condição submete os grãos à abrasão prolongada e ao intenso ataque químico selecionando os mais resistentes e estáveis (SUGUIO, 1980).



**FIGURA 82 – Mapa de porcentagem do Índice ZTR na plataforma continental.**



**FIGURA 83 – Distribuição das porcentagens da fração areia que compõe a cobertura sedimentar da área de estudo.**

Distribuição semelhante é observada para os minerais opacos, tais como ilmenita, magnetita e pirita, também resistentes ao intemperismo. Os minerais translúcidos, entre os quais se incluem principalmente o epidoto, hornblenda, augita e o diopsídio, têm distribuições de acordo com o padrão de dispersão dos minerais imaturos dos quais também são representantes.

De modo geral, os sedimentos superficiais da plataforma continental interna de Santa Catarina não apresentam altas concentrações de minerais pesados. Apesar de não ter sido identificado nenhum plácer, o presente estudo mostrou a tendência de enriquecimento de pesados em certas regiões, passíveis de uma pesquisa mais detalhada.



### 7.3.5 Todos os ambientes

Os minerais pesados presentes nos sedimentos estudados constituem uma pequena parte da fração arenosa. Desta forma, deve-se salientar que os valores encontrados correspondem à análise da fração granulométrica 4 *phi*, não representando a porcentagem da amostra total ou da fração arenosa total. Tomazelli (1978) afirmou que este aspecto deve ser levado em conta quando se observa um mapa de porcentagem de minerais pesados. As porcentagens dos diversos minerais pesados identificados estão relacionadas a um total de 300 grãos que correspondem à população amostral.

Tomazelli (1978), assim como Souza (2004), já haviam percebido claramente que a maior concentração de minerais pesados ocorre nas frações 0,125 mm e principalmente 0,062 mm. Mesmo assim, o primeiro autor apontou que a faixa mais apropriada, para a maioria dos trabalhos, é a de 0,250-0,125 mm (2 *phi* – 3 *phi*), pois o maior diâmetro dos grãos facilita a identificação.

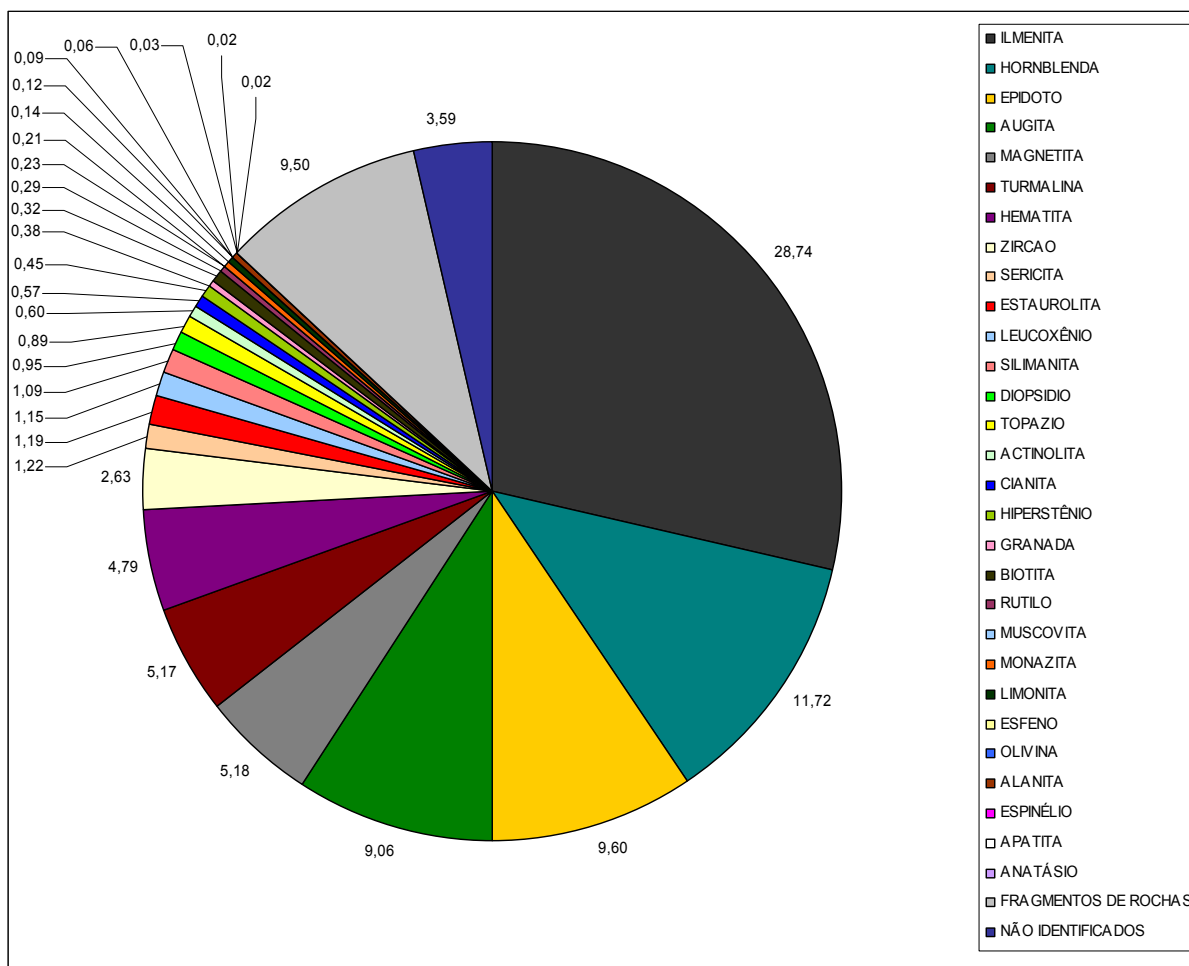
Neste trabalho, as frações de 2 *phi* – 3 *phi* e 3 *phi* – 4 *phi* foram utilizadas na contagem das porcentagens de minerais pesados por classe de tamanho na amostra, já que se concentraram mais freqüentemente nestas classes. Entretanto, na fração de 2 *phi* – 3 *phi* de algumas amostras da planície costeira e plataforma continental, ocorreu uma concentração muito baixa e em algumas delas um número menor de 300 grãos. Devido a este fato, esta fração acabou não sendo utilizada na contagem, identificação e análise estatística. Assim, apenas a fração de 3 *phi* – 4 *phi* (areia muito fina) foi utilizada para a geração dos gráficos e mapas de distribuição por espécies de minerais pesados, permitindo assim uma comparação entre os ambientes analisados.

Portanto, em relação às classes granulométricas analisadas, pôde ser observado que há uma maior concentração de minerais pesados associada à classe 3 *phi* – 4 *phi*, correspondente à parcela mais fina da fração areia, onde o diâmetro dos grãos varia entre 0,125 mm a 0,062 mm, principalmente nos sedimentos da planície costeira e da plataforma continental. Entretanto, diferentemente do exposto anteriormente, nos sedimentos do rio Itajaí-Açu a concentração dos minerais pesados nas duas classes analisadas foi muito similar.

De maneira geral, o presente trabalho revelou a ocorrência de 29 diferentes espécies de minerais pesados, além dos fragmentos de rochas e um grupo de



minerais que não puderam ser identificados com alguma segurança (Figura 84 e Tabela 9).



**FIGURA 84 – Diagrama circular contendo as porcentagens médias de ocorrência dos minerais encontrados nos sedimentos de todos os ambientes amostrados na área de estudo.**

**TABELA 9 – Porcentagem média de ocorrência mineral em relação a todos os ambientes amostrados.**

Mineral	Porcentagem média
Ilmenita	28,74
Hornblenda	11,72
Epidoto	9,60
Augita	9,06
Magnetita	5,18
Turmalina	5,17
Hematita	4,79
Zircão	2,63
Sericita	1,22
Estaurolita	1,19
Leucoxênio	1,15

Silimanita	1,09
Diopsídio	0,95
Topazio	0,89
Actinolita	0,60
Cianita	0,57
Hiperstênio	0,45
Granada	0,38
Biotita	0,32
Rutilo	0,29
Muscovita	0,23
Monazita	0,21
Limonita	0,14
Esfeno	0,12
Olivina	0,09
Alanita	0,06
Espinélio	0,03
Apatita	0,02
Anatásio	0,02
Fragmentos de rochas	9,50
Não identificados	3,59

Serão descritos a seguir, de acordo com a granulometria, cor, morfoscopia e densidade, as espécies minerais que totalizaram teores acima de 2 %, sendo: ilmenita, hornblenda, epidoto, augita, magnetita, turmalina, hematita e zircão.

A ilmenita é o mineral mais abundante da área de estudo (28,74 %), estando presente em todas as amostras, sendo que seus grãos se apresentam arredondados a sub-arredondados, opacos, de brilho metálico a sub-metálico e cor preta. Alguns grãos mostram alguma transformação para leucoxênio em diversos graus de transformação. Apresenta densidade de 4,7 g/cm<sup>3</sup> e tem como elemento predominante o titânio. Suas principais fontes seriam, primeiramente, as rochas gnáissicas, básicas, ultrabásicas e formações ferríferas do Complexo Granulítico de Santa Catarina e as formações ferríferas do Complexo Metamórfico Brusque.

A hornblenda (11,72 % dos minerais da área de estudo) é um anfibólio de aspecto fibroso, se apresentando normalmente com grãos prismáticos alongados ou curtos, controlados por clivagens longitudinais e fraturas diagonais pronunciadas, podendo aparecer terminais serrilhados, com extremidades esfarrapadas e alguns com superfície esbranquiçada por dissolução. Suas cores oscilam do verde claro ao verde escuro (forma comum), podendo aparecer marrom (forma basáltica). Apresenta densidade de 3,2 g/cm<sup>3</sup>. É mais encontrada principalmente nos gnaisses e anfibolitos do Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Os grãos de epidoto (9,60 % dos minerais da área de estudo) são subarredondados a arredondados, levemente mamelonados, de tons amarelo a amarelo limão e verde limão. Apresenta densidade de 3,35 a 3,45 g/cm<sup>3</sup>. O epidoto é proveniente principalmente das rochas metamórficas (xisto-verde) do Complexo Granulítico de Santa Catarina e Complexo Metamórfico Brusque.

A augita (9,06 % dos minerais estudados) apresenta-se na forma ovóide a alongada, angulosa, com cores variando entre verde, verde claro, verde escuro, verde acastanhado e verde amarronzado. Apresenta densidade de 3,2 a 3,4 g/cm<sup>3</sup>. Suas fontes seriam principalmente as rochas granulíticas (piroxenitos) do Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Os grãos de magnetita (5,18 % dos minerais da área de estudo) são bem arredondados a subarredondados, com fraturamento subconchoidal, aspecto opaco, pretos a castanho. Apresenta densidade de 5,18 g/cm<sup>3</sup>, possuindo o ferro como elemento predominante. Apresentam como fonte principalmente as rochas gnáissicas, básicas, ultrabásicas e formações ferríferas do Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Os grãos de turmalina (5,17 % dos minerais estudados) apresentam-se de forma arredondada, textura em geral lisa e dura, ovóides, quase esféricos e foscos. Outros se apresentam com estrias longitudinais, brilho vítreo e prismático e diversos graus de arredondamento. A cor é marrom amarelado (dravita), azul ou cinza azulado (indicolita), preto, verde (cromoturmalina), cinza azulado, amarelado, cinza acastanhado e cinza amarelado. Apresenta densidade de 3,0 a 3,25 g/cm<sup>3</sup>. A turmalina seria proveniente principalmente das rochas metamórficas (xistos e micaxistos) do Complexo Metamórfico Brusque e dos veios e bolsões turmalínicos do Complexo Migmatítico.

A hematita (4,79 % dos minerais estudados) apresenta grãos arredondados a subarredondados, com fraturas conchoidais e irregulares, tonalidade cinza escura metálica, com bordas e reflexos avermelhados. Juntamente com a magnetita, é o mineral que apresenta a maior densidade, entre 5,1 a 5,25 g/cm<sup>3</sup>, possuindo o Ferro como elemento predominante. Estaria associada aos locais com drenagens que cortam formações ferríferas, principalmente do Complexo Granulítico de Santa Catarina e do Complexo Metamórfico Brusque.

O zircão (2,63 % dos minerais) apresenta no geral grãos prismáticos, de forma bipiramidal e terminais piramidais, podendo aparecer com vários estágios de

arredondamento, alguns com inclusões e fraturas, transparentes de brilho vítreo, incolores e escuros nas bordas. Apresentam-se também rosa-claro, amarelados, azuis acinzentados, opacos, acinzentados e leitosos. Apresenta densidade de 4,68 g/cm<sup>3</sup>, tendo como elemento predominante o zircônio. Suas fontes seriam principalmente as rochas metamórficas (xistos e gnaisses) do Complexo Granulítico de Santa Catarina e do Complexo Metamórfico Brusque.

### 7.3.6 Análise estatística

Apesar da análise visual de distribuição dos minerais pesados permitir a detecção de *trends* mais óbvios, as diferenças menos marcantes podem ser facilmente mascaradas, tornando o emprego de técnicas estatísticas necessárias para que os dados sejam mais objetivos. Entretanto, devido ao fato bem reconhecido de que sedimentos reciclados e provenientes de fontes mistas são muito mais difíceis de serem interpretados, o emprego da Análise de Componentes Principais (ACP) pode ser uma boa ferramenta para uma análise mais cuidadosa na interpretação dos resultados. A análise estatística foi utilizada num primeiro momento, para cada ambiente: planície costeira, rio Itajaí-Açu, praia e plataforma continental. Num segundo momento, a ACP foi empregada para estes ambientes como um todo, onde se tentou obter um padrão geral de distribuição e concentração de minerais pesados para toda a área estudada.

#### (i) Sedimentos da planície costeira

Ao se aplicar a ACP na planície costeira, foram selecionados dois fatores (componentes ou eixos) que explicam cerca de 88 % da variância dos dados, sendo que o primeiro fator explica 71% e o segundo explica 17% da variância.

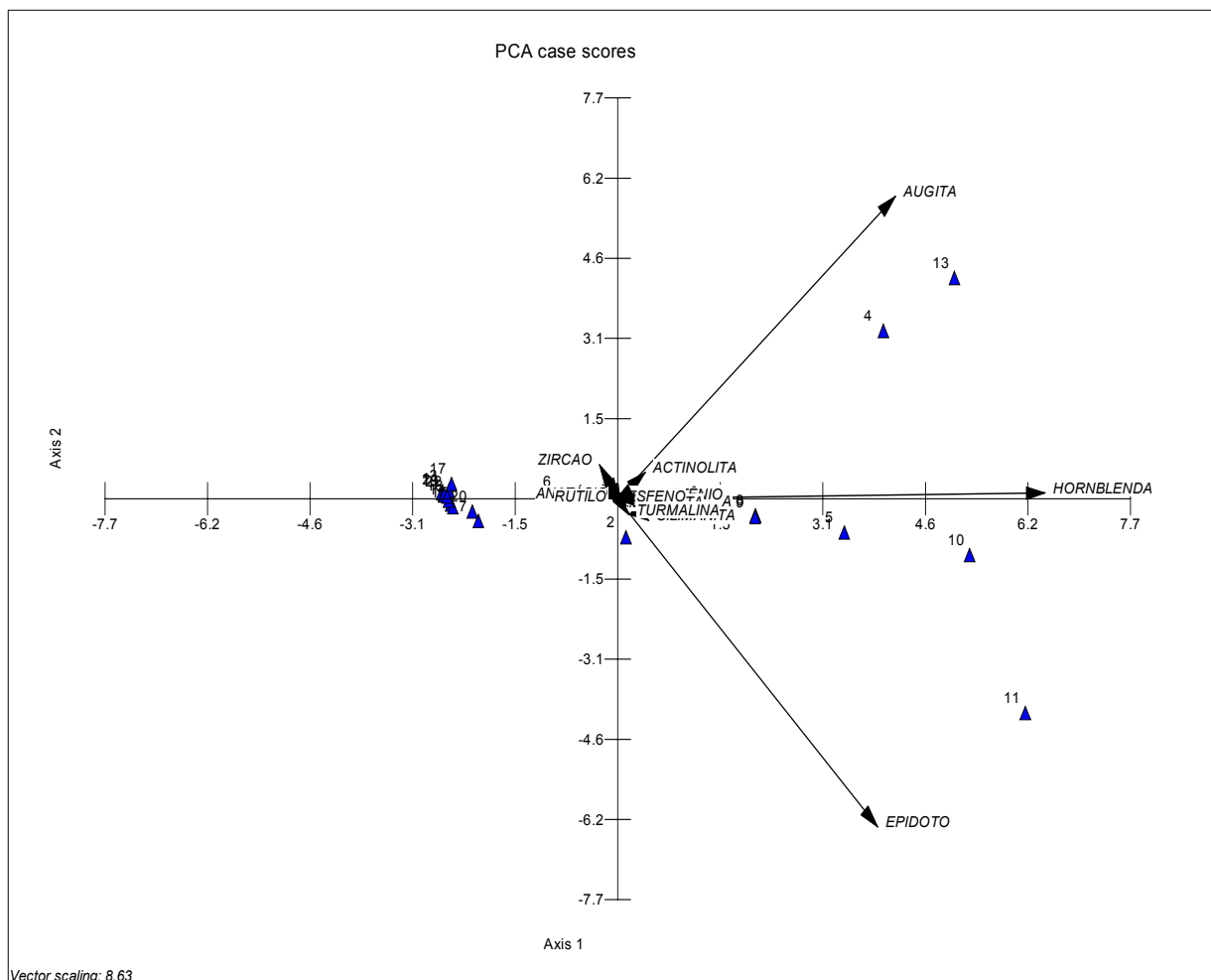
A projeção gráfica das ponderações dos diferentes minerais segundo os vários componentes principais apurados mostrou ser possível estabelecer quatro grupos (associações) de espécies minerais ou assembléias mineralógicas (Fig. 85):

Grupo I: formado pela hornblenda, augita e epidoto;

Grupo II: formado pelo zircão e rutilo;

Grupo III: formado pela augita, zircão, actinolita e hornblenda;

Grupo IV: formado pelo epidoto, turmalina e silimanita.

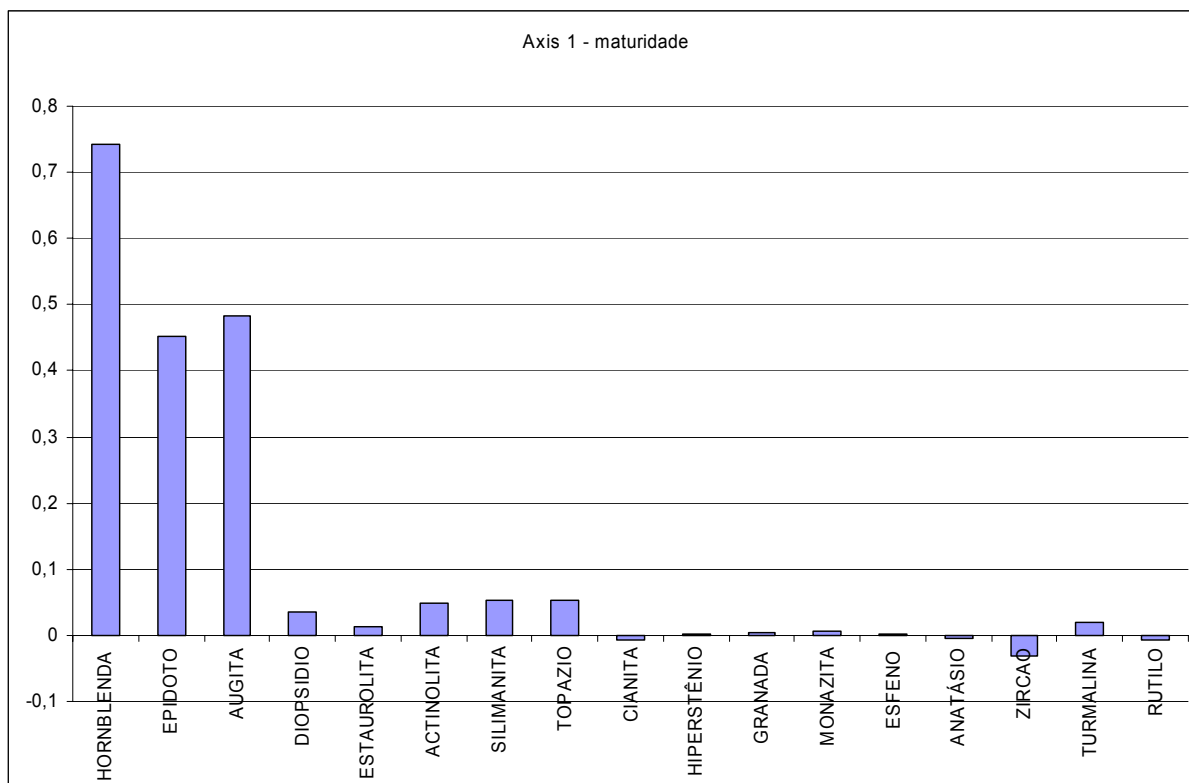


**FIGURA 85 – Plano fatorial utilizado na PCA da planície costeira.**

Aparentemente, parece estar ocorrendo o predomínio destas espécies minerais em função da estabilidade mineral e da rocha fonte, reforçando a idéia apresentada anteriormente para os índices de maturidade. O Fator 1 é influenciado pelos grupos I e II (Fig. 86) e pode ser relacionado com a maturidade, e o Fator 2 é influenciado pelos grupos III e IV (Fig. 87) e está relacionado as rochas fonte dos minerais.

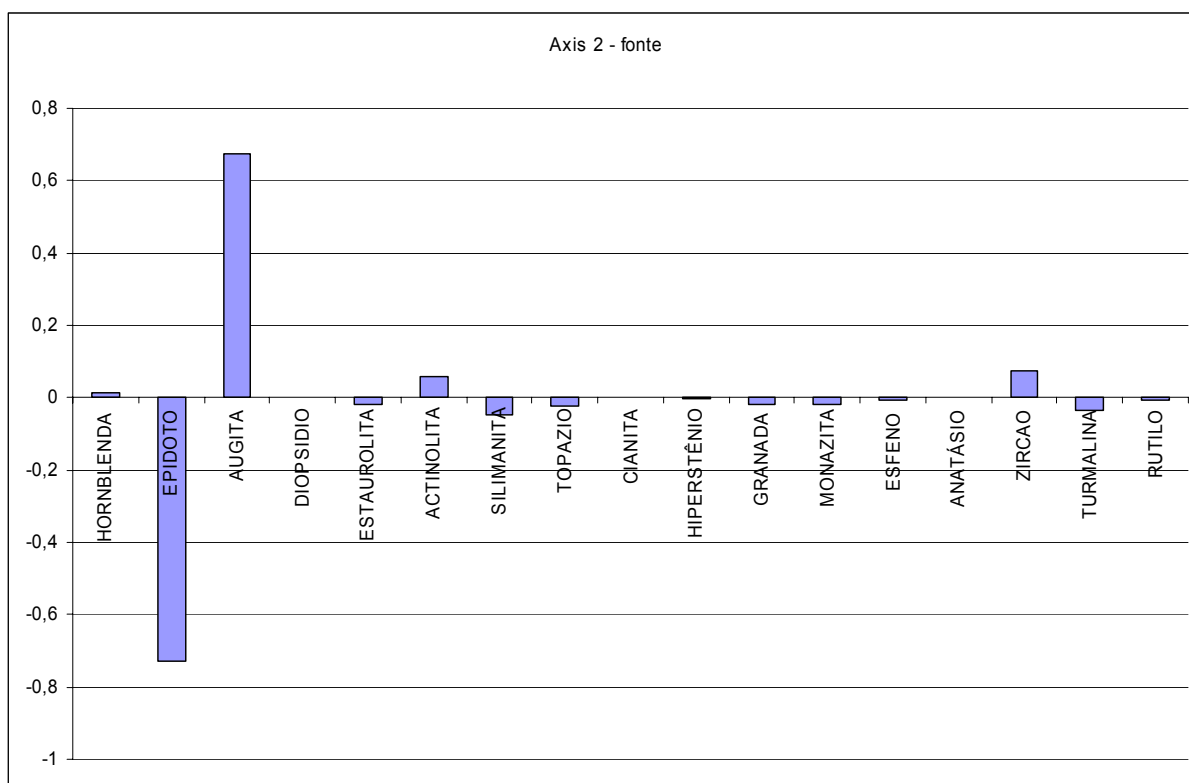
No primeiro fator (Fig. 86), a baixa estabilidade da hornblenda, augita e epidoto aparentemente determinam o padrão de distribuição destes minerais, em oposição à alta estabilidade do zircão e rutilo. Os minerais instáveis (grupo I) foram mais encontrados nos depósitos fluviais de canal, barra de meandro e marinho praias holocênico, em Navegantes, ao norte da desembocadura deste rio. Como também já foi mencionada anteriormente para o Índice ZTR, a concentração destes minerais ultraestáveis (grupo II) estaria ligada aos depósitos com uma maior concentração de

agentes intempéricos, como depósitos coluviais, de leques aluviais, planície de inundação e flúvio-lagunar, além dos depósitos holocênicos e pleistocênicos ao sul da desembocadura do rio Itajaí-Açu.



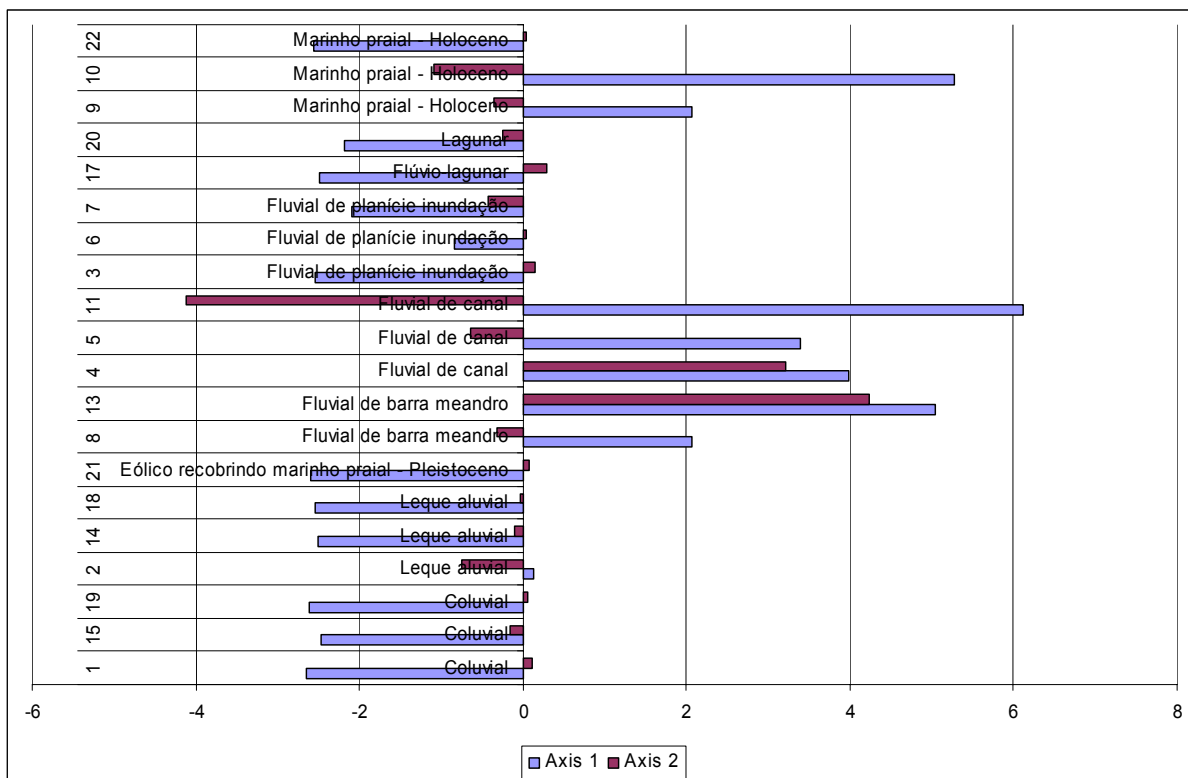
**FIGURA 86 – Histograma do fator 1 (grupos I e II).**

Para o fator 2 (Fig. 87), a fonte da assembléia mineralógica composta pelo grupo III seria principalmente as rochas gnáissicas granulíticas básicas e ultrabásicas do Complexo Granulítico de Santa Catarina. Para a assembléia do grupo IV, a fonte seria os sedimentos atuais provenientes do Complexo Metamórfico Brusque.



**FIGURA 87 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).**

De acordo com os ambientes deposicionais destas quatro assembléias diferentes, pode ser indicada a atuação do rio Itajaí-Açu como agente transportador da assembléia de minerais instáveis para a plataforma continental interna e a sua concentração na praia de Navegantes (Fig. 88). Afirma-se que de certa forma a planície costeira da área estudo não é somente fonte de minerais para o rio Itajaí-Açu, plataforma continental e praias da região, mas também “receptora” destes minerais, juntamente com estes ambientes.



**FIGURA 88 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).**

## (ii) Sedimentos praias

Para as análises estatísticas dos sedimentos das praias estudadas, foram selecionados dois fatores (componentes ou eixos) que explicam cerca de 96% da variância dos dados, sendo que o primeiro fator explica 62 % e o segundo explica 34% da variância.

A projeção gráfica das ponderações dos diferentes minerais segundo os vários componentes principais apurados mostrou ser possível estabelecer quatro grupos (associações) de espécies minerais ou assembléias mineralógicas (Fig. 89):

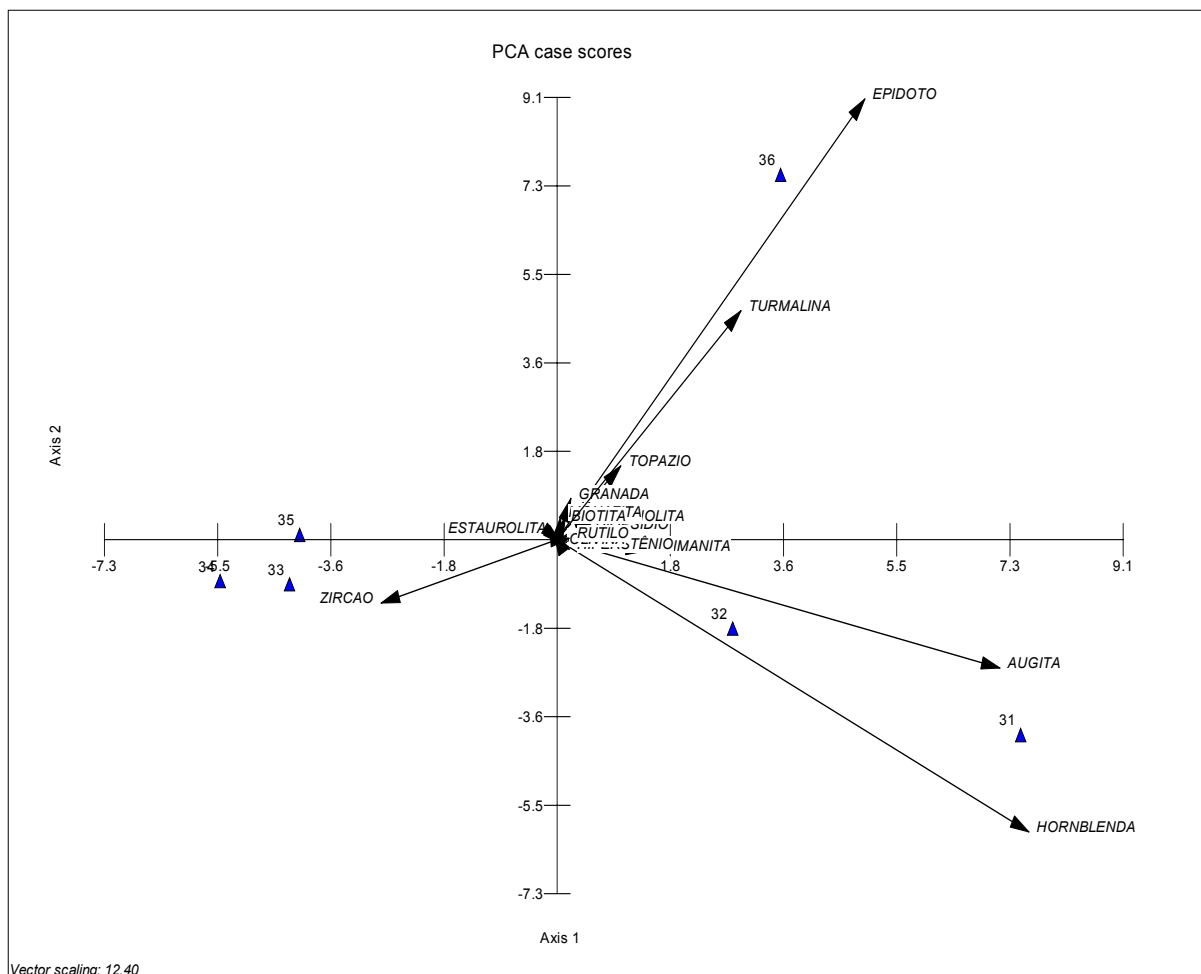
Grupo I: formado pela hornblenda, augita e epidoto;

Grupo II: formado pelo zircão;

Grupo III: formado pelo epidoto e turmalina;

Grupo IV: formado pela hornblenda, augita e zircão.



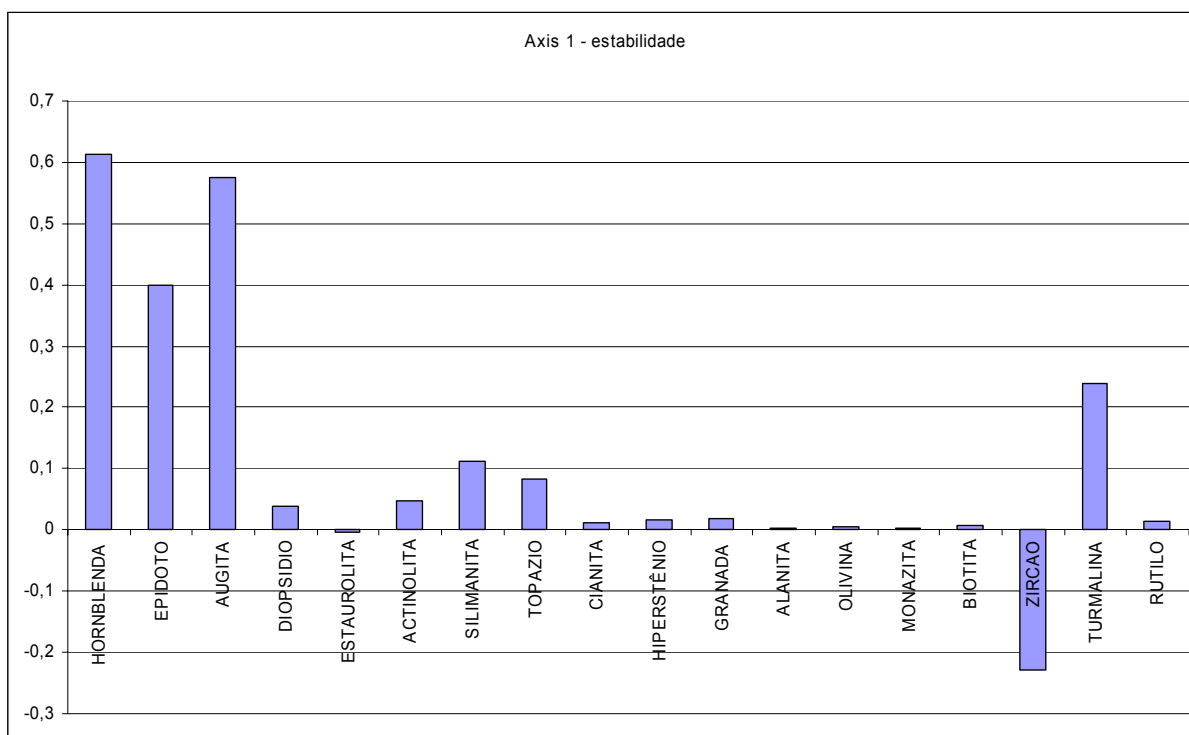


**FIGURA 89 – Plano fatorial utilizado na PCA das praias.**

Observa-se que ocorre o predomínio destas espécies minerais em função da estabilidade e da forma mineral. O Fator 1 é influenciado pelos grupos I e II (Fig. 90) e pode ser relacionado com a estabilidade dos minerais, e o Fator 2 é influenciado pelos grupos III e IV (Fig. 91) e está relacionado com a forma do grão mineral.

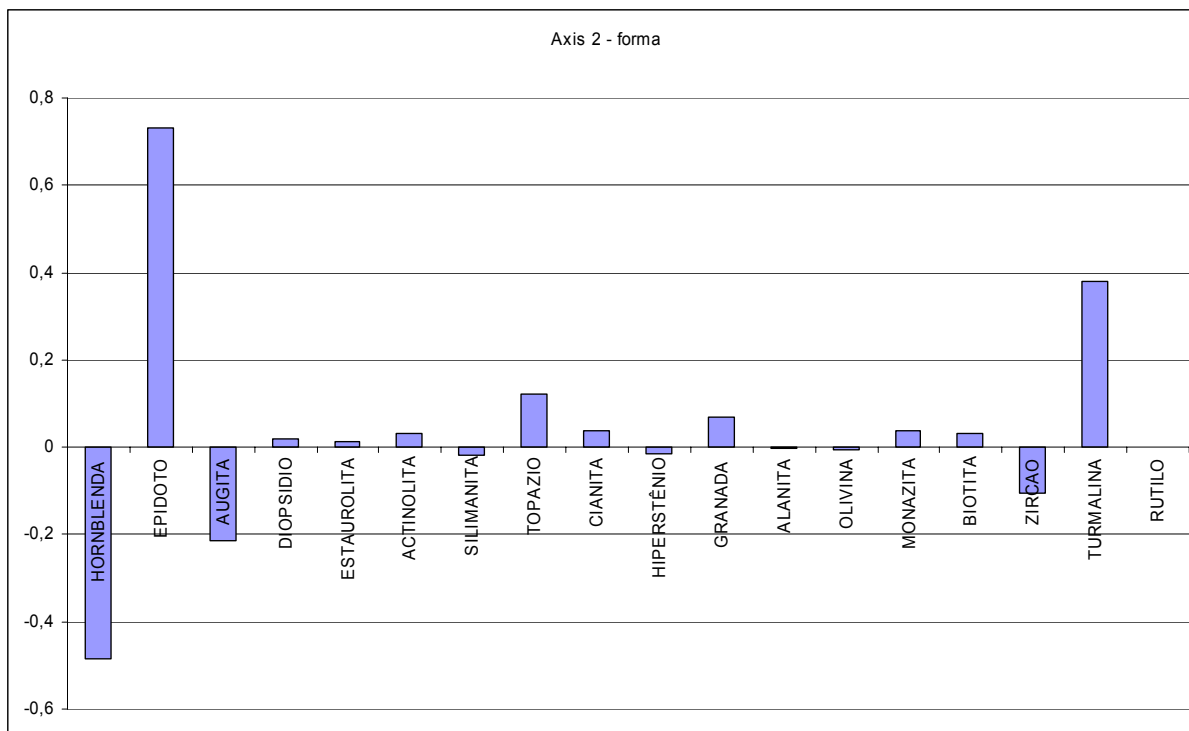
No primeiro fator (Fig. 92), a instabilidade dos grãos de hornblenda, augita e epidoto aparentemente dominam a concentração destes minerais, em oposição aos minerais mais estáveis como o zircão. Os minerais mais instáveis (grupo I) se concentram mais nas praias de Navegantes, Balneário Camboriú e Atalaia, enquanto que os minerais mais estáveis (grupo II) estariam associados as praias de Cabeçudas, Brava e Amores. Esta configuração das associações concorda em grande parte com a estabilidade mineral apresentada anteriormente para estas praias, onde os minerais mais instáveis se concentram mais na praia de Navegantes (ao norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu) e na praia de Balneário Camboriú (praia mais distante ao sul da desembocadura).

Este fato praticamente confirma o que foi sugerido por Carmo (2001): “a planície de Navegantes já foi parte integrante de um delta dominado por ondas, com carga sedimentar suprida pelo rio Itajaí-Açu”.

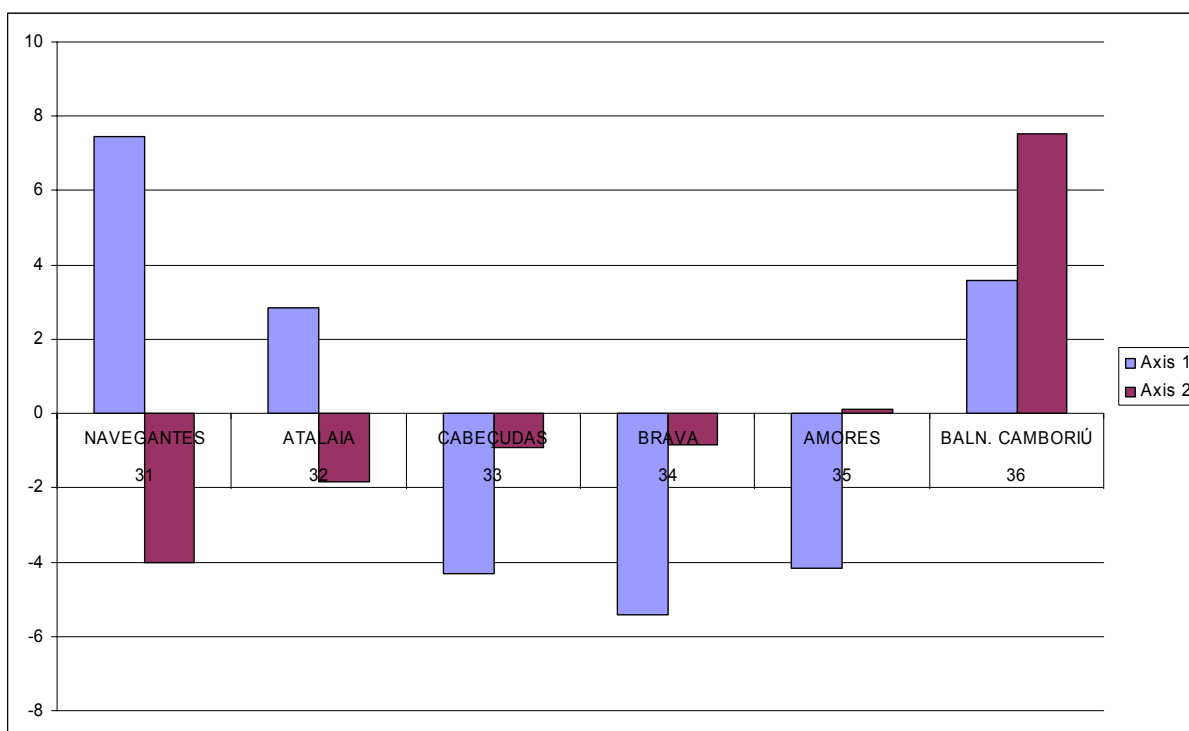


**FIGURA 90 – Histograma do fator 1 (grupos I e II).**

No fator 2 (Fig. 92), existe uma tendência de concentração de minerais que apresentam a forma do grão mais prismática e alongada (grupo IV) principalmente na praia de Navegantes (ao norte da desembocadura), com tendência de diminuição desta para sul, onde na praia de Balneário Camboriú observa-se o aparecimento de minerais com grãos mais arredondados (grupo III).



**FIGURA 91 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).**



**FIGURA 92 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).**

De acordo com as assembléias minerais encontradas nas praias da região e suas tendências de distribuição, pode se afirmar que existem três assembléias distintas: uma a norte da desembocadura, influenciada pela contribuição do rio Itajaí-

Açu e plataforma continental adjacente; uma mais a sul da desembocadura, influenciada possivelmente pelas formas das praias (que poderiam contribuir para a concentração de determinados minerais); e uma terceira bem mais ao sul, influenciada possivelmente pela plataforma continental adjacente e pelo rio Camboriú, que deságua neste local.

### (iii) Sedimentos de fundo do rio Itajaí-Açu

Para as análises estatísticas do curso inferior do rio Itajaí-Açu, foram selecionados dois fatores (componentes ou eixos) que explicam cerca de 95% da variância dos dados, sendo que o primeiro fator explica 67 % e o segundo explica 28% da variância.

A projeção gráfica das ponderações dos diferentes minerais segundo os vários componentes principais apurados mostrou ser possível estabelecer quatro grupos (associações) de espécies minerais ou assembléias mineralógicas (Fig. 93):

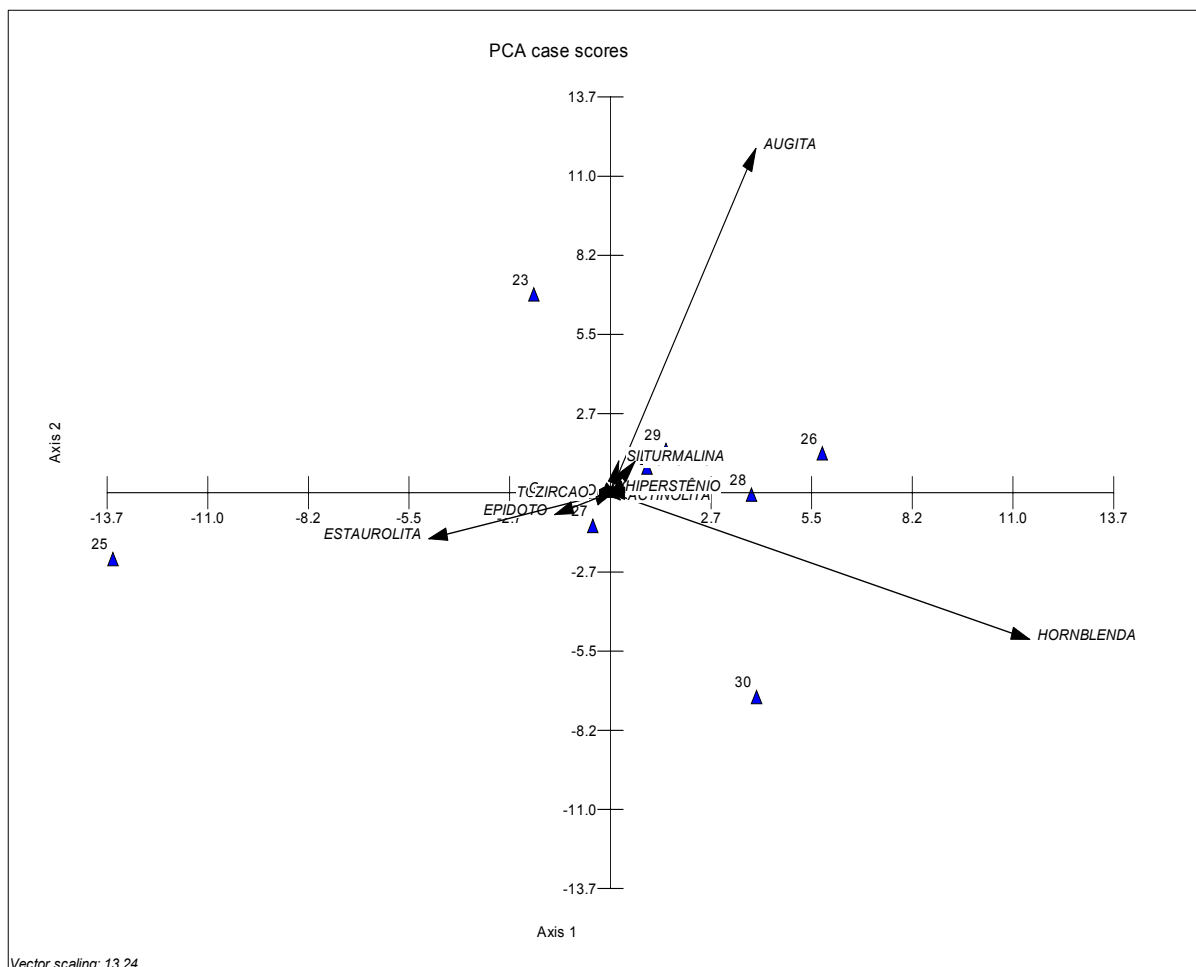
Grupo I: formado pela hornblenda e augita;

Grupo II: formado pela estaurolita e epidoto;

Grupo III: formado pela augita, silimanita e turmalina;

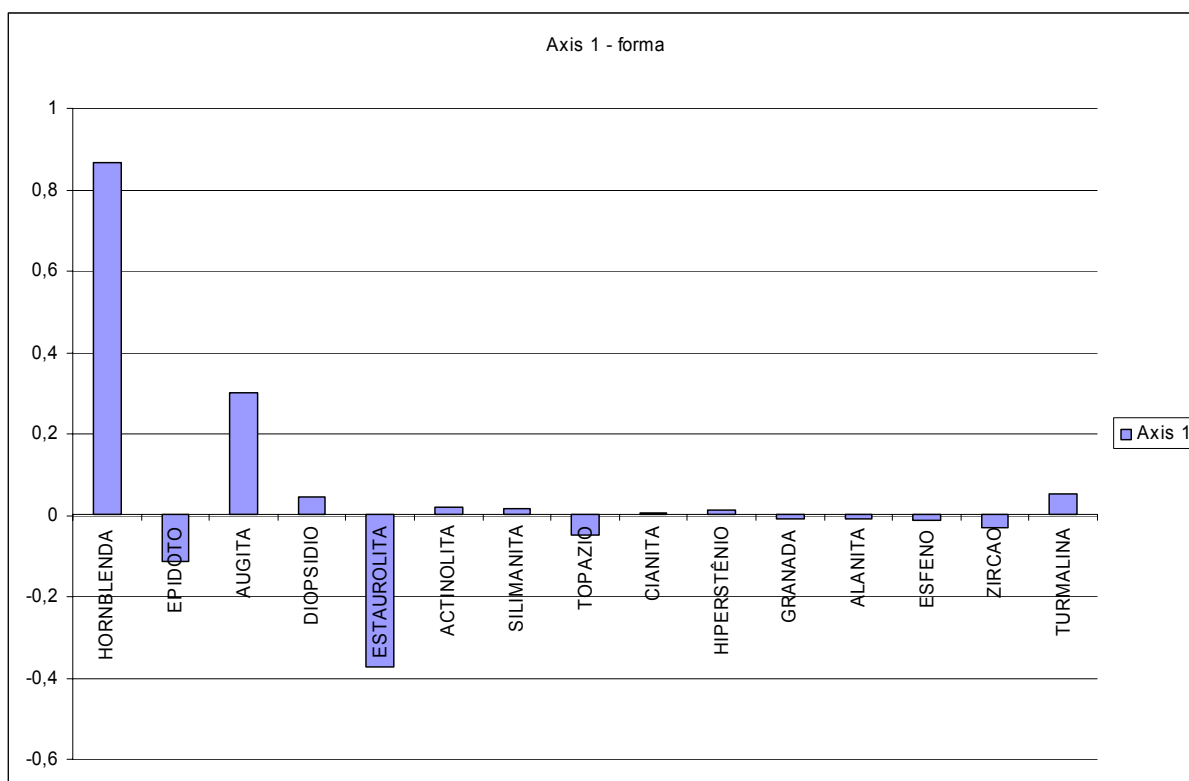
Grupo IV: formado pela hornblenda, estaurolita e epidoto.

Aparentemente, parece estar ocorrendo o predomínio destas espécies minerais em função da forma mineral e da área fonte. O Fator 1 é influenciado pelos grupos I e II (Fig. 94) e pode ser relacionado com a forma do grão mineral, e o Fator 2 é influenciado pelos grupos III e IV (Fig. 95) e está relacionado as áreas fonte dos minerais.

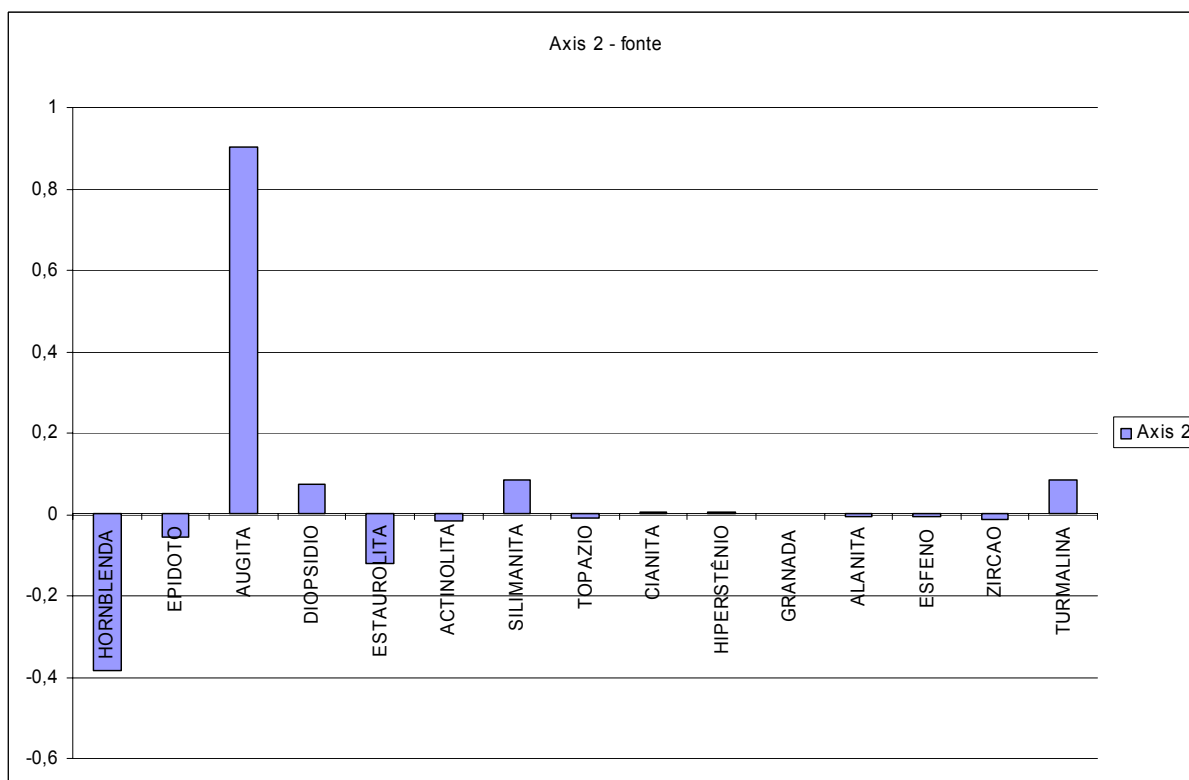


**FIGURA 93 – Plano fatorial utilizado na PCA do rio Itajaí-Açu.**

No primeiro fator (Fig. 96), a forma dos grãos de hornblenda e augita, mais prismáticos e alongados, aparentemente dominam a concentração destes minerais, em oposição aos minerais de grãos mais arredondados como a estaurolita e o epidoto. Os minerais mais alongados (grupo I) foram mais encontrados quase que em todo o canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu, enquanto que os minerais mais arredondados (grupo II) estariam associados a algumas áreas mais específicas, próximo a Gaspar (corredeiras e marmitos).

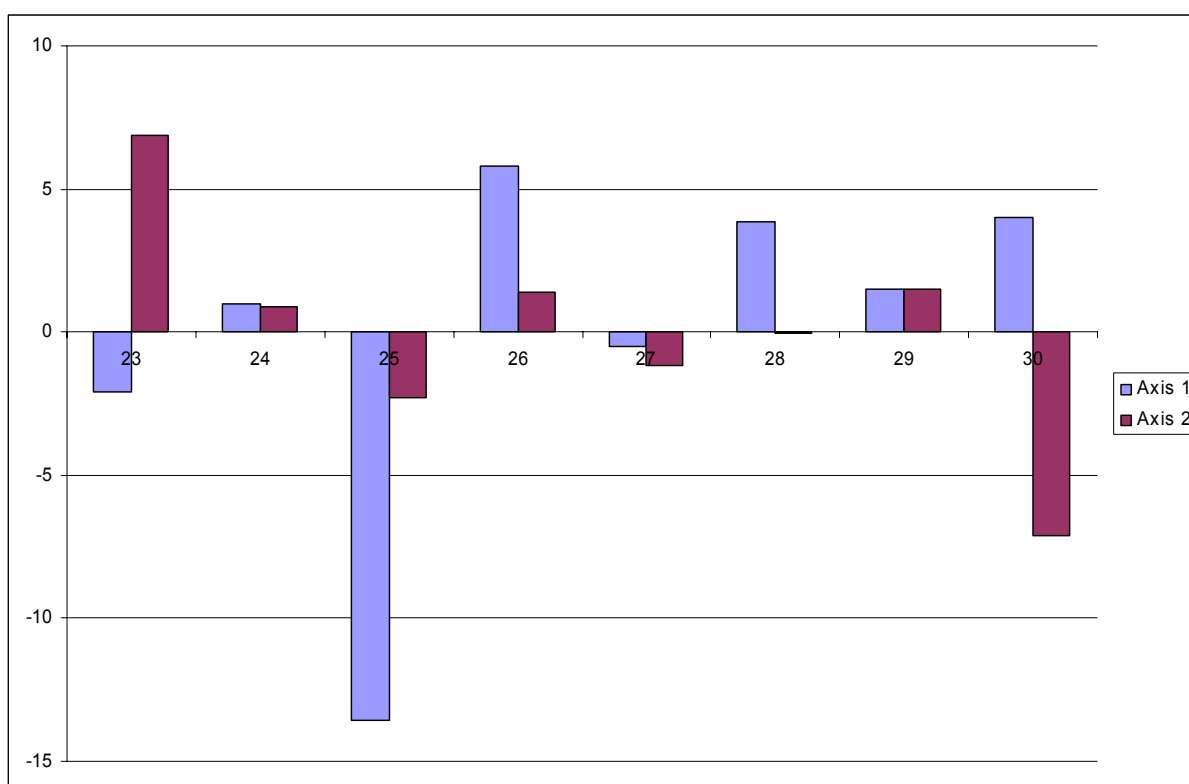


**FIGURA 94 – Histograma do fator 1 (grupos I e II).**



**FIGURA 95 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).**

Para o fator 2 (Fig. 96), a montante e ao longo de quase todo o rio existe uma tendência irregular de distribuição e concentração de minerais como augita e hornblenda. Entretanto, à montante pode ser observada uma tendência de concentração de augita (grupo III), que estaria principalmente relacionada a drenagem que corta os gnaisses e piroxenitos do Complexo Granulítico de Santa Catarina. À jusante observa-se uma tendência de concentração de hornblenda (grupo IV) que, apesar de sua fonte também ser o Complexo Granulítico de Santa Catarina, pode ser explicada pela importação residual de sedimentos da plataforma continental interna, que segundo Schettini (2002) e Schettini *et al.* (2003), ocorre em épocas da baixa descarga fluvial. Desta forma, esta região do estuário, correspondente a foz do rio Itajaí-Açu, estaria recebendo nestes momentos a deposição de minerais que já estavam previamente depositados na plataforma continental interna adjacente.



**FIGURA 96 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).**

De acordo com as assembléias minerais encontradas no canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu e suas tendências de distribuição, pode se afirmar que este

apresenta uma efetiva contribuição sedimentológica e mineralógica para a plataforma continental interna adjacente, principalmente relacionada com minerais provenientes do Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Segundo Schettini (2002), a influência do rio Itajaí-Açu na região costeira é bastante expressiva, porém somente alguns estudos que a consideram já foram realizados. Sendo assim, este estudo, juntamente com os realizados por Souza (2004), Schmidt (2006), Amaral (2006) vêm acrescentar este conhecimento e evidenciar ainda mais a importância dos estudos dos minerais pesados e da distribuição sedimentar no entendimento dos processos dinâmicos costeiros.

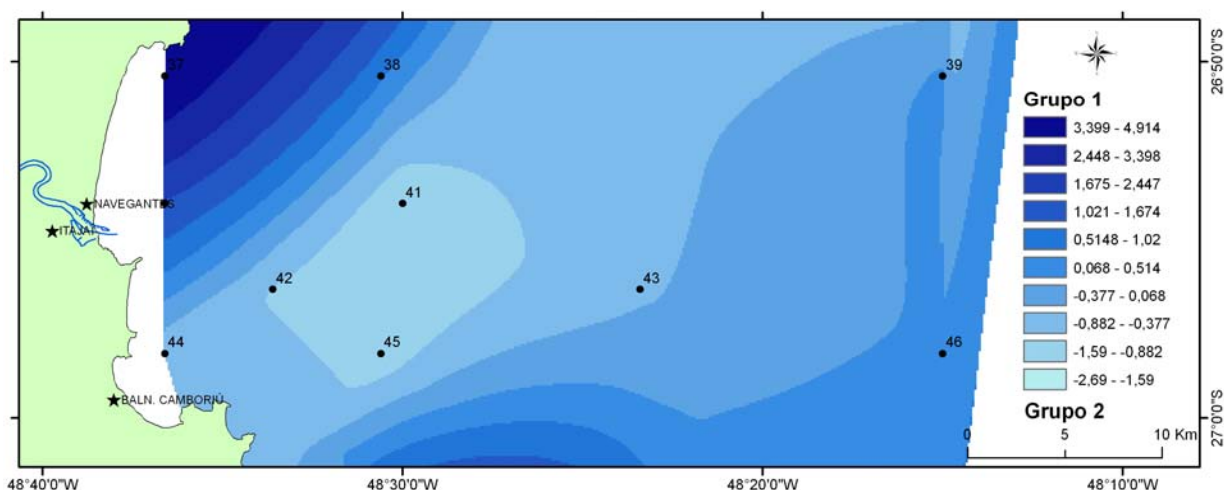
#### (iv) Sedimentos da plataforma continental interna

A Análise das Componentes Principais (ACP) permitiu a identificação de duas associações de minerais ou assembléias mineralógicas, determinadas por dois fatores ou cargas que, juntos, explicam 73 % da variância dos dados.

O fator 1, que foi relacionado à maturidade, foi influenciado por um grupo de minerais formado pela augita, hornblenda, epidoto e diopsídio (grupo I) e por zircão, rutilo e turmalina (grupo II). O fator 2, relacionado à forma dos minerais, foi também influenciado pelos mesmos minerais que constituem o grupo I, cujas formas são prismática e/ou alongadas, e também fortemente influenciado pelo epidoto, o mineral mais abundante depois da ilmenita e que ocorre em grãos arredondados. A assembléia mineralógica representada pelo grupo I predomina nas proximidades da costa especialmente junto à desembocadura fluvial, enquanto que o grupo II ocupa a porção central da área de estudo.

O grupo I formado pelos minerais de baixa densidade e com forma prismática e/ou alongada (augita, diopsídio e hornblenda), tendem a aumentar suas concentrações junto a linha de costa (Fig. 97). Para o grupo II, a alta maturidade do zircão, do rutilo e da turmalina determinam o padrão de distribuição destes minerais cuja área de deposição corresponderia, segundo Abreu (1998), a região de cobertura relíquia da plataforma continental (Fig. 97).

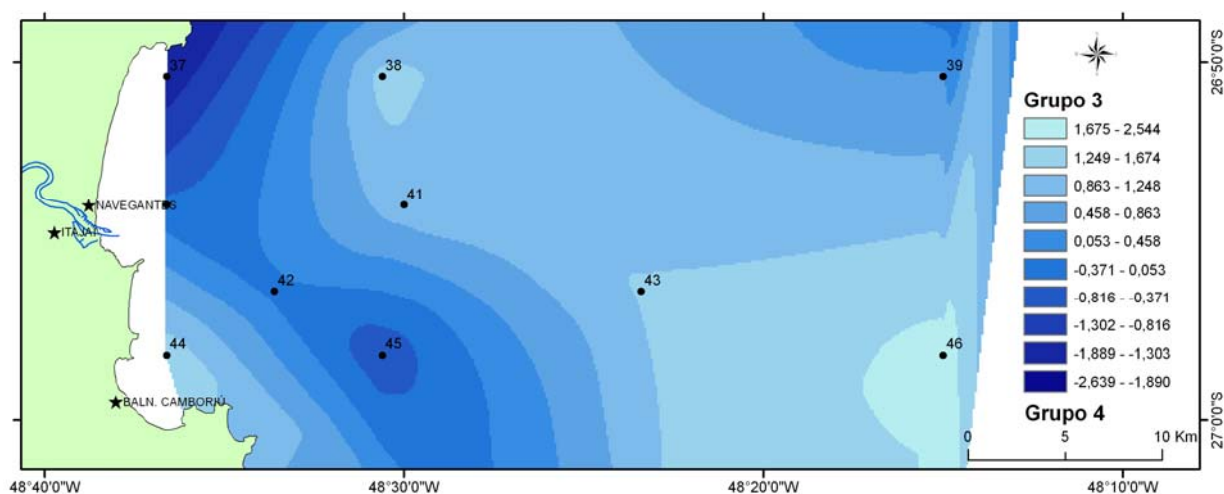




**FIGURA 97 – Mapa de distribuição das cargas do fator 1: maturidade (grupo I – augita, hornblenda, epidoto e diopsídio e grupo II – zircão, turmalina e rutilo).**

O grupo III, (Fig. 98) dominado principalmente por epidoto, que ocorre em grãos arredondados e muito finos, apresenta uma tendência de dinâmica e transporte característico dos sedimentos mais finos (areia muito fina) que são fornecidos para as regiões mais profundas da plataforma continental em eventos de tempestades, segundo Cascalho (2000). Além disso, a característica única da associação poderia ser a explicação para a outra propriedade física própria do mineral, mencionada no grupo 1 e que exerce influência na sua presença no fator 1.

Já o grupo IV (Fig. 98) aparentemente apresenta o mesmo quadro apresentado para o grupo 1, sendo composto principalmente por minerais menos maduros, de baixa densidade e de forma prismática, sendo este o principal fator dominante.



**FIGURA 98 – Mapa de distribuição das cargas do fator 2: forma (grupo III – epidoto e grupo IV – augita, hornblenda e diopsídio).**

Através do que foi observado na análise estatística, a densidade, apesar de ser um fator a ser considerado principalmente para a concentração em determinadas classes granulométricas, não teve influência significativa para a formação das assembléias mineralógicas identificadas na plataforma continental.

(v) Sedimentos de todos os ambientes

Ao se aplicar a ACP nos sedimentos de todos os ambientes amostrados, observa-se que dois fatores (componentes ou eixos) explicam cerca de 97% da variância dos dados, sendo que o primeiro fator explica 74% e o segundo explica 23% da variância.

A projeção gráfica das ponderações dos diferentes minerais segundo os vários componentes principais apurados mostrou ser possível estabelecer quatro grupos (associações) de espécies minerais ou assembléias mineralógicas (Fig. 99):

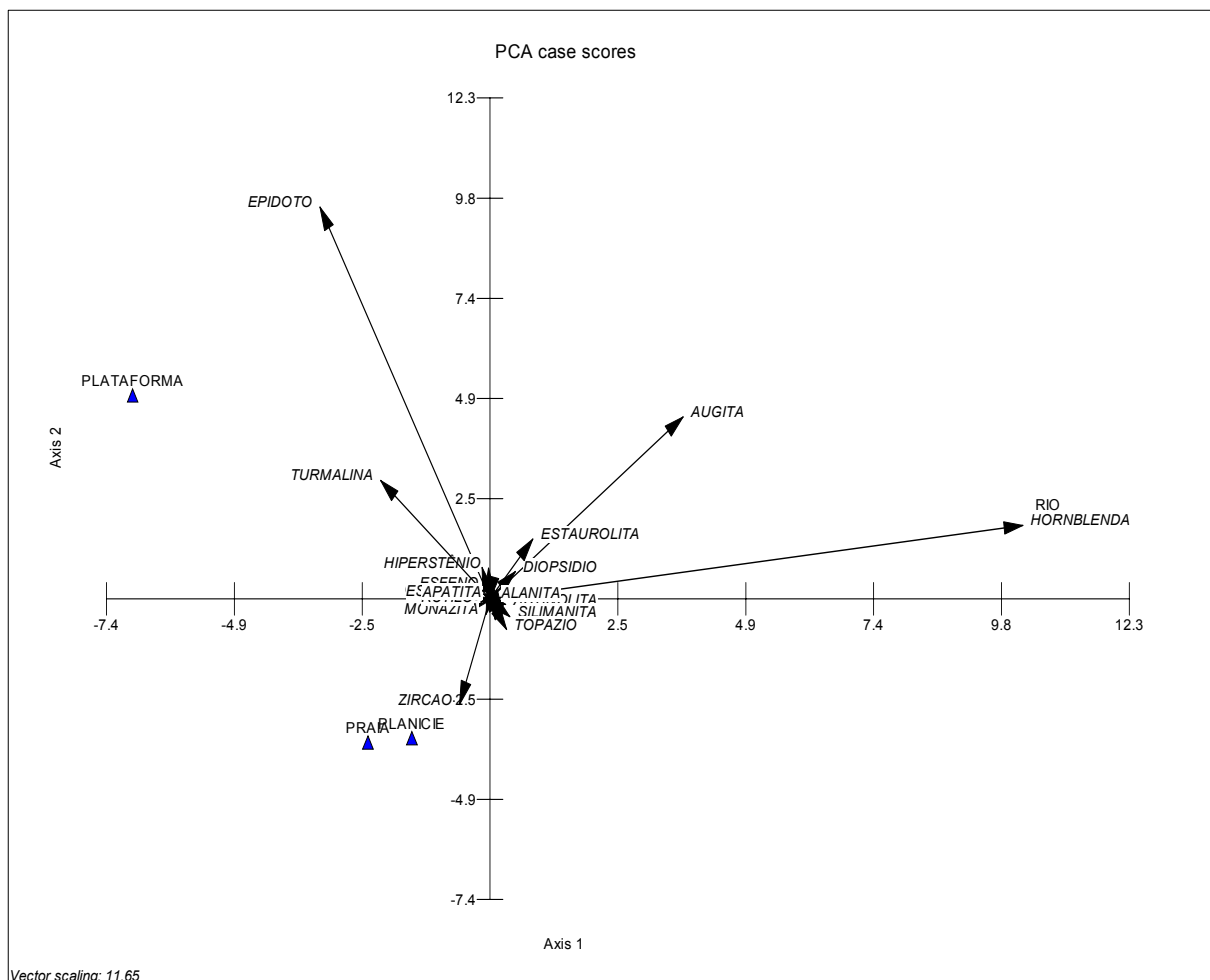
Grupo I: formado pela hornblenda e augita;

Grupo II: formado pelo epidoto, turmalina zircão e rutilo;

Grupo III: formado pelo epidoto, augita, turmalina e hornblenda;

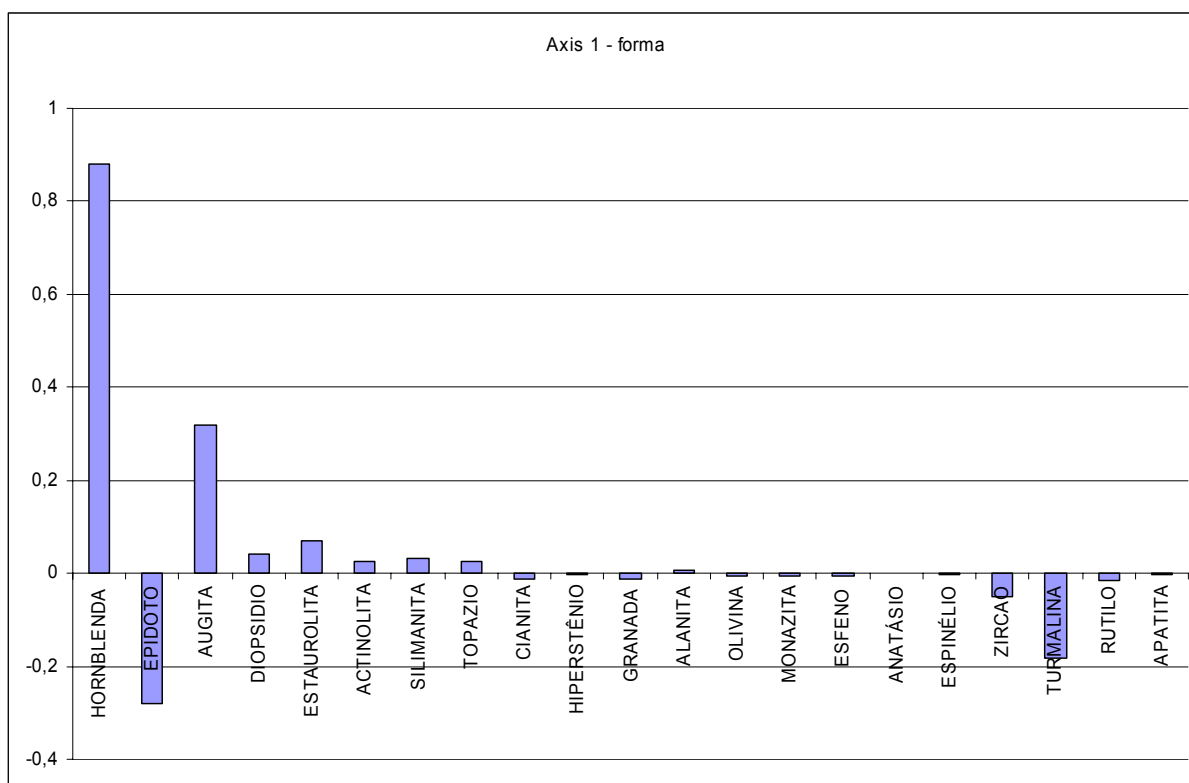
Grupo IV: formado pelo zircão e topázio.

Aparentemente, parece estar ocorrendo o predomínio destas espécies minerais em função da forma e da estabilidade mineral, reforçando novamente a idéia apresentada anteriormente para os índices de maturidade. O Fator 1 é influenciado pelos grupos I e II (Fig. 100) e pode ser relacionado com a forma do grão, e o Fator 2 é influenciado pelos grupos III e IV (Fig. 101) e está relacionado a estabilidade dos minerais.

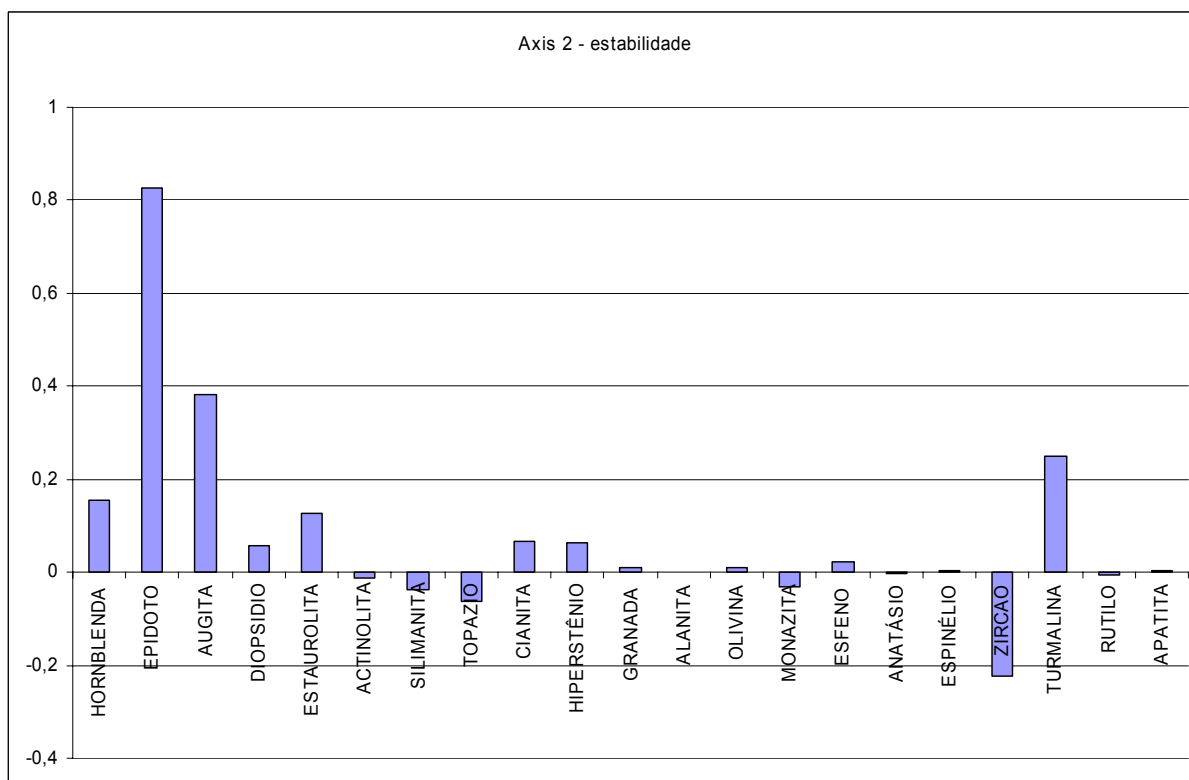


**FIGURA 99 – Plano fatorial utilizado na PCA em todos os ambientes amostrados.**

No primeiro fator (Fig. 102), a forma dos grãos de hornblenda e augita, mais prismáticos e alongados, aparentemente dominam a concentração destes minerais, em oposição aos minerais de grãos mais arredondados como o epidoto e a turmalina. Os minerais prismáticos (grupo I) foram mais encontrados quase que em todo o canal do curso inferior do rio Itajaí-Açu, enquanto que os minerais mais arredondados (grupo II) estariam associados aos ambientes de plataforma continental, praia e planície costeira.

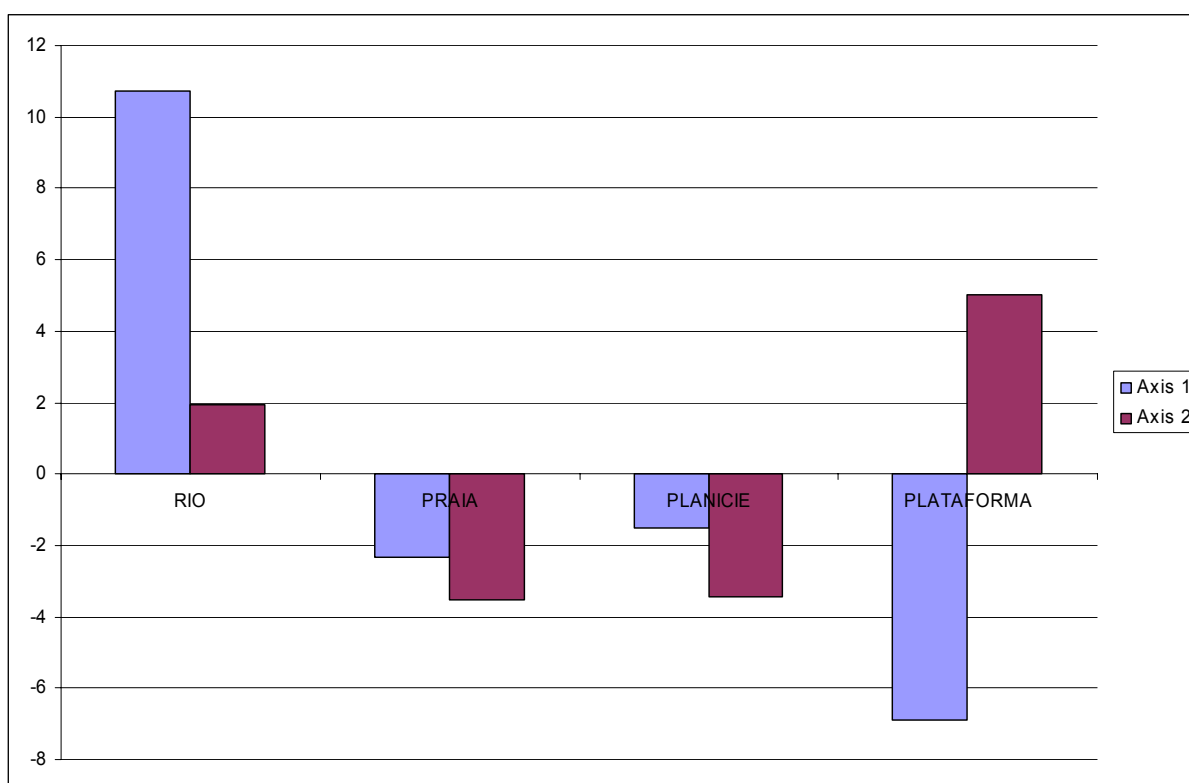


**FIGURA 100 – Histograma do fator 1 (grupos I e II).**



**FIGURA 101 – Histograma do fator 2 (grupos III e IV).**

No segundo fator (Fig. 102), a baixa estabilidade da hornblenda, augita e epidoto aparentemente determinam o padrão de distribuição destes minerais, em oposição à alta estabilidade do zircão. Os minerais instáveis (grupo III) foram mais encontrados nos ambientes fluvial e de plataforma continental. Como também já foi mencionada anteriormente para o Índice ZTR, a concentração de minerais ultraestáveis (grupo IV) estaria ligada aos ambientes de planície costeira e principalmente praial.



**FIGURA 102 – Gráfico das cargas dos fatores 1 (grupos I e II) e 2 (grupos III e IV).**

## 8 DISCUSSÃO

Neste capítulo são discutidos, de maneira geral, como os dados granulométricos e mineralógicos obtidos, referentes a todos os ambientes mapeados na área de estudo (planície costeira, praia, rio Itajaí-Açu e plataforma continental interna), se relacionam entre si. Também é apresentado como as análises estatísticas dos dados mineralógicos se correlacionam entre os dados sedimentológicos dos ambientes e as suas possíveis fontes.

Como pode ser observado então, de maneira geral que os grãos dos minerais pesados presentes no rio Itajaí-Açu apresentam uma forma diferente dos minerais encontrados em parte dos ambientes de planície costeira, praia e plataforma continental. De certa forma, isto indica que o rio Itajaí-Açu na sua porção mais a jusante (ou estuário) é, primeiramente um “receptor” dos sedimentos provenientes do intemperismo das rochas fontes da bacia, e posteriormente um fornecedor destes sedimentos para a planície costeira, praia e principalmente plataforma continental.

Entretanto, a maioria dos grãos carregados pelo canal fluvial, de forma prismática e alongada que permite seu transporte à maiores distâncias (VANZ, 1996; SOUZA, 2004) e que são depositados na plataforma continental interna adjacente, estão presentes na parte mais ao norte da desembocadura fluvial, confirmando o que foi observado por Souza (2004). Este fato influencia consideravelmente a mineralogia das praias desta região, como Navegantes e Gravatá, depositando nestas praias minerais mais “recentes” do ponto de vista intempérico. Este fato também parece ocorrer desde o Holoceno, com a formação das cristas praias e da planície de Navegantes, como observado por Giannini (1987). Além disso, os minerais presentes nesta planície são minerais instáveis, corroborando com a idéia apresentada por Angulo *et al.* (1994); Mio & Giannini (1997) e Giannini *et al.* (1997), de que existe uma tendência de enriquecimento de minerais instáveis nas planícies holocênicas em relação às pleistocênicas, devido principalmente à dissolução pós-deposicional. O não aparecimento do cordão pleistocênico em Navegantes impossibilita a discussão apresentada por estes autores em relação à diminuição dos instáveis e a permanência dos ultraestáveis nos sedimentos pleistocênicos.

Por outro lado, na região da plataforma continental mais ao sul da desembocadura fluvial e nas praias desta região, observa-se uma mineralogia bem diferente, com minerais bem mais arredondados e mais estáveis. Esta característica, também observada na planície costeira desta área, aparentemente indica que, pelo menos desde o Pleistoceno, a mineralogia não é influenciada diretamente pelo rio Itajaí-Açu. Aparentemente, uma hipótese mais provável para este fato pode ser apresentada aqui: a presença de um paleocanal afogado do rio Itajaí-Açu na plataforma continental interna adjacente a esta área e o atual retrabalhamento destes sedimentos pelas ondas e correntes costeiras, observado por Abreu (1998); Souza (2004) e Amaral (2006). Acontece que os minerais instáveis, presentes e transportados pelo rio Itajaí-Açu no passado, não estariam presentes nestas áreas, o que indicaria que, durante a transgressão e o recua da linha de costa, quando a calha do rio Itajaí-Açu ainda corria até a margem da plataforma continental atual, estes minerais começaram a sofrer com os processos de dissolução pós-deposicional (ANGULO *et al.*, 1994; MIO & GIANNINI, 1997 e GIANNINI *et al.*, 1997). Assim, desde o afogamento destes depósitos fluviais estes minerais estão sendo retrabalhados e influenciando a sedimentação e mineralogia dos cordões regressivos pleistocênicos e holocênicos das praias de Cabeçudas, Brava e Amores. Entretanto, somente estudos que empreguem prospecções sísmicas e sondagens poderiam responder com maior certeza esta hipótese.

Assim, diferentemente do exposto para a planície de Navegantes, os minerais presentes na planície pleistocênica e holocênica desta região são na maioria, minerais ultraestáveis. Entretanto, os índices de estabilidade mineral diferiram do exposto por Angulo *et al.* (1994); Mio & Giannini (1997) e Giannini *et al.* (1997), com menor índice ZTR no cordão pleistocênico do que no holocênico. Possivelmente ocorreu aqui um caso de forte decomposição química durante o pleistoceno, selecionando os principais minerais (SILVA, 1999).

Além disso, as praias da região centro-sul da área de estudo apresentam normalmente sua forma e tamanho relacionado e influenciado principalmente pelo tamanho de grão. Sendo as praias mais ao sul da desembocadura praias relativamente estreitas, confinadas entre o oceano e as rochas do embasamento e tenderem a apresentar granulometria de areia média a grossa, estariam então relacionadas com a energia e intensidade das ondas e a morfologia local. Assim, existiria uma tendência de enriquecimento de minerais pesados como a ilmenita,

magnetita, turmalina, zircão e rutilo, em relação à equivalência hidráulica (RUBEY, 1933; SUGUIO, 1980) e pela sua alta resistência à abrasão (ADDAD, 2001). De fato, se observou no sedimento destes locais a grande concentração destes minerais, com grãos muito finos e arredondados. Entretanto, estes fatos ainda dificultam o entendimento sobre as fontes destes minerais que, relativamente, ainda estariam ligados à hipótese anteriormente apresentada.

De certa forma, assim como foi observado pelo Projeto REMAC (1979) para a plataforma externa do Rio Grande do Sul, pode ser afirmado que se desenvolvem na área de estudo, duas fácies arenosas distintas, diferenciadas aqui pela ocorrência de diferentes suítes de minerais pesados: uma ao norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu adjacente a praia de Navegantes, com sedimentos modernos e baixa estabilidade mineral, e outra ao sul desta desembocadura, adjacente ao sistema praial Brava-Amores, com sedimentos palimpsésticos e alta estabilidade mineral.

Assim, ao observar todos os ambientes de maneira geral, pode-se traçar na região, através do método estatístico de Análise de Componentes Principais, um padrão de distribuição das principais assembléias de minerais pesados. Entretanto, ao se analisar cada um destes ambientes separadamente, observa-se que cada um possui uma singularidade em relação aos padrões de sedimentação e distribuição destas assembléias de pesados.

Fica então evidenciada a necessidade da continuidade dos estudos mineralógicos e sedimentológicos no litoral e plataforma continental catarinense, principalmente aqueles que forneçam um maior detalhamento dos dados em determinados ambientes como as bacias hidrográficas e as planícies costeiras. Além disso, ainda ficou evidente a necessidade de pesquisas relacionadas à geologia, petrologia e mineralogia das rochas da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu e do litoral catarinense, já que figuram como base principal para estes estudos mineralógicos.



## 9 CONCLUSÕES

- A planície costeira das folhas Gaspar e Itajaí é demarcada pela presença de dois sistemas deposicionais interdigitados: (1) de encosta ou continental, confinado às elevações típicas do embasamento cristalino; e (2) transicional ou costeiro, resultado das oscilações eustáticas sucedidas durante o Quaternário.
- Sobre a planície costeira da área de estudo são observados alguns dos principais ambientes sedimentares, destacando o sistema deposicional continental do Quaternário indiferenciado, sistema deposicional laguna barreira III do Pleistoceno superior, sistema deposicional laguna barreira IV do Holoceno, sistema deposicional aluvial do Holoceno, sistema deposicional antropogênico do Holoceno e Recente, sistema deposicional praia-duna do Recente. Entre estes, foram identificados diversos depósitos inter-relacionados entre si e associados espaço-temporalmente às rochas do embasamento.
- Toda a área de estudo é caracterizada por uma grande heterogeneidade no que se refere aos aspectos granulométricos dos sedimentos de diferentes origens, sendo estas características resultantes principalmente das condições antecedentes da área e da dinâmica atuante.
- Granulitos, gnaisses, xistos e rochas sedimentares clásticas predominam no embasamento. Entre os depósitos da área de estudo predominam sedimentos siltosos finos, quartzosos, com diâmetro médio de 6,06 *phi*, muito pobremente selecionados e assimetria positiva, seguidos de sedimentos siltosos muito finos, arenosos médios, arenosos finos, arenosos muito finos, siltosos médios, argilosos grossos, siltosos grossos e arenosos muito grossos.
- As modificações paleoclimáticas e as flutuações relativas do nível do mar ocorridas durante o Quaternário foram determinantes na formação e disposição atual dos depósitos aflorantes na planície costeira da região de Gaspar e Itajaí.
- O mapa geológico da planície costeira das folhas Gaspar e Itajaí juntamente com os mapeamentos pretéritos vem contribuir com informações do ambiente físico, descrevendo as unidades geológicas, composição litológica, granulometria, altitudes e formas de relevo, entre outros dados relevantes para o gerenciamento costeiro, permitindo assim a utilização e conservação dos recursos naturais.

- Nas classes granulométricas analisadas se observou que a maior concentração de minerais pesados estava associada às classes 3 e 4 *phi*, que corresponde à parcela mais fina da fração areia, onde o diâmetro dos grãos varia entre 0,125 mm a 0,062 mm.
- Foi observado que na fração areia muito fina, os ambientes com maiores concentrações médias de minerais pesados foram respectivamente: praia, planície costeira, rio e plataforma continental interna.
- As principais espécies mineralógicas encontradas foram: ilmenita, hornblenda, epidoto, augita, magnetita, turmalina, hematita, zircão, sericita, estauroлита, leucóxênio, silimanita, diopsídio, topázio, actinolita, cianita, hiperstênio, granada, biotita, rutilo, muscovita, monazita, limonita, esfeno, olivina, alanita, espinélio e anatásio.
- A ilmenita, o mineral opaco mais comum, também foi o mineral mais abundante, estando presente principalmente nos ambientes de praia e plataforma continental.
- A hornblenda, o mineral translúcido mais comum e o segundo mais abundante, esteve mais presente no rio Itajaí-Açu.
- Os minerais opacos são maioria nos ambientes praias e de planície costeira, enquanto os translúcidos são a maioria no rio Itajaí-Açu e na plataforma continental interna.
- Os minerais instáveis (hornblenda, augita, hiperstênio) se concentram mais no canal do rio Itajaí-Açu, planície holocênica de Navegantes, praia de Navegantes e na plataforma continental adjacente a esta praia.
- A distribuição destes minerais está associada à forma alongada e prismática destes grãos, que facilita o transporte pelo canal fluvial e a dispersão na plataforma continental na direção norte, de acordo com o deslocamento da pluma estuarina deste rio em sua foz.
- Com este fato pode-se reafirmar que planície de Navegantes já foi parte integrante de um delta dominado por ondas, com carga sedimentar suprida pelo rio Itajaí-Açu.
- A forma do grão é uma característica decisiva na distribuição dos minerais e conseqüentemente no padrão de dispersão sedimentar da área estudada.

- Os minerais mais maduros (zircão, turmalina e rutilo), segundo o índice ZTR se concentraram mais na planície costeira do sistema praial Brava-Amores e na plataforma continental adjacente a esta área.
- A distribuição e concentração destes minerais, que apresentam forma mais arredondada indicando um desgaste maior, estariam associadas à presença de um paleocanal do rio Itajaí-Açu na plataforma adjacente e/ou áreas de concentração de areias de plataforma que estão sendo retrabalhadas devido à influência das correntes e dos embaiamentos presentes nesta região.
- Pode ser afirmado que se desenvolvem na área de estudo, duas fácies arenosa distintas, diferenciada aqui pela ocorrência de diferentes suítes de minerais pesados: uma ao norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu adjacente à praia de Navegantes, com sedimentos modernos e baixa estabilidade mineral, e outra ao sul desta desembocadura, adjacente ao sistema praial Brava-Amores, com sedimentos palimpséticos e alta estabilidade mineral.
- De modo geral, os sedimentos superficiais dos ambientes estudados não apresentam altas concentrações médias de minerais pesados. Apesar de não ter sido identificado nenhum plácer, o presente estudo mostrou uma grande tendência de enriquecimento de pesados em certas regiões, passíveis de uma pesquisa mais detalhada.
- O Complexo Granulítico de Santa Catarina seria a fonte de minerais como hornblenda, hiperstênio, granada, diopsídio, augita, apatita, zircão, rutilo, epidoto, esfeno, biotita, clorita, actinolita, sericita, magnetita, hematita, ilmenita. O Complexo Metamórfico Brusque seria a fonte de minerais como as micas (muscovita, sericita), turmalinas, zircão, epidoto, granada, clorita, biotita, andaluzita, silimanita, estauroлита.
- A utilização de métodos estatísticos (ACP) foi importante para a interpretação dos dados de minerais pesados permitindo verificar a influência da granulometria na variabilidade dos minerais pesados; identificar os minerais pesados mais significantes na classificação das assembléias; reconhecer as assembléias presentes e mais atuantes em cada ambiente deposicional e observar uma tendência de dispersão dos minerais pesados em cada um dos ambientes estudados.
- Fica evidenciada a necessidade da continuidade dos estudos mineralógicos e sedimentológicos no litoral e plataforma continental catarinense, principalmente

aqueles que forneçam um maior detalhamento dos dados em determinados ambientes como as bacias hidrográficas e as planícies costeiras.

- Ainda ficou evidente a necessidade de pesquisas relacionadas à geologia, petrologia e mineralogia das rochas da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu e do litoral catarinense, já que figuram como base principal para estes estudos mineralógicos.

## 10 REFERÊNCIAS

- ABREU, J.G.N. 1998. **Contribuição sedimentológica da plataforma continental interna de Santa Catarina entre a foz do rio Tijucas e a foz do rio Itapocu**. Rio de Janeiro. 63p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia Marinha. Universidade Federal Fluminense.
- ABREU, J.G.N. & GABROWSKI NETO, D. 2003. Distribuição dos sedimentos superficiais na plataforma continental interna do Litoral norte de Santa Catarina. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 9. Recife, 2003. **Anais...** Recife: ABEQUA.
- ACQUAPLAN. 2007. Relatório de Impacto Ambiental da Dragagem para a Implantação da Hidrovia do Baixo Estuário do Rio Itajaí-Açu. **EIA/RIMA**. Acquaplan – Tecnologia e Consultoria Ambiental.
- ADAMI, R.M. 1995. **Macrozoneamento ecológico da bacia de drenagem do rio Itajaí-Açu, por intermédio da aplicação de análise multivariada (MULVA) e do cálculo do parâmetro da teoria da informação (CPTI)**. Florianópolis. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- ADDAD, J.E. 2001. **Minerais pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental**. São Paulo: Edição independente. 81p.
- ALLEN, P. 1972. Wealden detrital tourmaline: implications for north-western Europe. **Journal of Geologic Society**. **128**: 273-94.
- ALMEIDA, F.F.M. 1953. Contribuição à geomorfologia da região oriental de Santa Catarina. **Associação dos Geógrafos Brasileiros**. **3**: 10-37.
- ALVES, J.H.G. de M. 1996. **Refração do espectro de ondas oceânicas em águas rasas: aplicações à região costeira de São Francisco do Sul, SC**. Florianópolis. 89p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.
- AMARAL, M. S. 2006. **Mapeamento quantitativo de minerais pesados na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu – região norte de Santa Catarina**. Itajaí. 64p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.
- AMIN JR., A.H. 1999. **Geologia da planície costeira do sistema praial Brava - Amores, Santa Catarina, Brasil**. Itajaí. 81p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.
- ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F.; KOGUT, J.S.; PRAZERES FILHO, H.J.; SOUZA, M.C. 1994. Variation of sedimentological parameters with deposits age across a

sucession of beach-ridges in the Holocene of Mel Island, Paraná, Brazil. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 14. Recife, 1994. **Abstracts...** Recife: IAS, p. D1-D1.

AUMOND, J. & SCHEIBE, L.F. 1994. Aspectos geológicos e geomorfológicos. **Dynamis. 2 (8):**117-123.

BASEI, M.A. 1985. **O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina.** São Paulo. 193p. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo.

BATES, R.L. & JACKSON, J.A. 1980. **Glossary of geology.** Virginia: American Geological Institute. 750p.

BERRIBILLI, M.P. 2003. **Riscos associados ao banho de mar: Estudo de caso da praia do Atalaia.** Itajaí. 81p. Monografia. Curso de Geografia. Universidade do Vale do Itajaí.

BIONDI, J.C.; FRANKE, N.D.; CARVALHO, P.R.S. de & VILLANOVA, S.N. 2001. Geologia e Petrologia da mina Schramm (Gaspar-SC). **Revista Brasileira de Geociências, 31(3):** 287-298.

BIRKEMEIER, W.A. 1984. Time scales of nearshore profile changes. In: INTERNATIONAL COASTAL ENGINEERING CONFERENCE, 19., Houston, 1984. **Proceedings...** Houston: ASCE, p. 1507-1521.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; VILAS-BOAS, G.S. & FLEXOR, J.M. 1978. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo. 1978. **Proceedings...** São Paulo: p. 232-253.

BORGES, S.F. 2006. Aspectos geológicos da Armação do Itapocoroy, Penha, SC. In: BRANCO, J.O. & MARENZI, A.W.C. (Orgs.). **Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC.** Itajaí: Ed. Univali, 292p.

BRUUN, P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. **Journal Waterways and Harbor Division, 88:** 117 - 130.

CALDASSO, A.L.S.; KREBS, A.S.J., SILVA, M.A.S. da; CAMOZZATO, E. & RAMGRAB, G.E. 1995. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Folha Botuverá, Estado de Santa Catarina.** Escala 1:50.000. Porto Alegre: CPRM. 303p.

CALLIARI, L.J.; FISCHLER, C.T. & BERQUIST, C.R. 1990. **Heavy-mineral variability and provenance of the Virginia inner shelf and lower Chesapeake Bay.** Virginia: Virginia Division of Mineral Resources, 124 p.

CARMO, V. B. 2001. Sedimentação e taxas de assoreamento no baixo estuário do rio Itajaí-Açu, através da análise de cartas batimétricas e de registros hidrometeorológicos. **Relatório de Pesquisa**. Universidade do Vale do Itajaí. 66 p.

CARUSO Jr. F. 1987. Geologia do Cenozóico de Santa Catarina. 11º Distrito do DNPM. **Relatório Interno**. p. 197-204.

CARUSO Jr. F. & ARAÚJO, S.A. 1997. A planície de *chenniers* da Baía de Tijucas, litoral de Santa Catarina. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 10., Itajaí, 1997. **Anais....** Itajaí: UNIVALI, p. 40- 43.

CARUSO Jr, F. & ARAÚJO, S.A. 1999. **Mapa Geológico da Folha Itajaí**. Escala 1:25.000. Itajaí: UNIVALI.

\_\_\_\_\_. 2000. Ambientes de sedimentação costeiros da região Centro-Norte de Santa Catarina e seu relacionamento com a geologia regional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS. Itajaí, 2000. **Anais...** Itajaí: UNIVALI; p. 202-203.

CARUSO Jr. F.; ARAÚJO, S.A. & KREBS, A.S.J. 1998. **Roteiro geológico – sistemas deposicionais da bacia do Itajaí: fácies de leques aluviais, leques deltáicos, turbiditos plataformais, leques submarinos e turbiditos bacinais**. Itajaí: UNIVALI. 78p.

CARVER, R.E. 1971. **Procedures in Sedimentary Petrology**. New York: Wiley Interscience. 452p.

CASCALHO, J.P.V.R. 2000. **Mineralogia dos sedimentos arenosos da margem continental setentrional portuguesa**. Lisboa. 400p. Tese de doutorado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

CASTRO FILHO, B.M. 1990. Estado atual do conhecimento dos processos físicos das águas da plataforma continental sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E LESTE BRASILEIRA. 10., Águas de Lindóia, 1990. **Anais...** Águas de Lindóia: ACCESP, p.1-19.

CASTRO FILHO, B.M. & MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the western atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S coastal segment (4, W). In: ROBINSON, A.R. & BRINK, K.H. (orgs.). **The Sea. 11 (8)**: 209-251.

CLEMENS, K.E. & KOMAR, P.D. 1988. Tracers of sand movement on the Oregon coast. In: B. EDGE (org.), COASTAL ENGINEERING INTERNATIONAL CONFERENCE, 21, 1988. **Proceedings...** ASCE. v.2: 1338-1351.

CORRÊA, I.C.S. 1979. Paleolinhas de costa na Plataforma Continental entre São Paulo e Santa Catarina. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. 2., Rio Claro, 1979. **Atas...** Rio Claro: p. 269-278.

CORRÊA, I.C.S. 1980. Distribuição dos Sedimentos Modernos da Plataforma Continental entre São Paulo e Santa Catarina. **Pesquisas. 13**: 109-141.

CORRÊA, I.C.S.; MARTINS, L.R.S.; KETZER, J.M.M.; ELIAS, A.R.D.; MARTINS, R. 1996. Evolução Sedimentológica e Paleogeográfica da Plataforma Continental Sul e Sudeste do Brasil. **Notas Técnicas**, 9: 51- 61.

CURRAY, J.R. 1964. Transgression and regression. In: SWIFT, D.J.P. & PALMER, H.D. (ed.s). **Marine Geology**. New York: The Macmillan Company. p. 175-203.

DANA, J. D. 1978. **Manual de Mineralogia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 643p.

DAVIES, J. L. 1964. A morphogenetic approach to world shorelines. **Zeitschrift für Geomorphologie**, 8: 127-42.

DEVISMES, P. 1978. **Atlas Photographique des Minéraux D'Alluvions**. Paris: Mémoire du Bureau de recherches géologiques et minières. 203p.

DIEHL, F.L. & HORN FILHO, N.O. 1996. Compartimentação geológico-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do Estado de Santa Catarina. **Notas Técnicas**, 9: 39-50.

DIEHL, F.L.; HORN FILHO, N.O.; KLEIN, A.H.F.; POLETTE, M. & AMIN JR., A.H., 1995. Estádios geoevolutivos do Quaternário costeiro da península de Porto Belo e entornos, SC, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR, 6., Mar del Plata, 1995. **Resumenes...** Mar del Plata: ALICMAR, p. 68-68.

DIEHL, F.L.; HORN FILHO, N.O. & AMIN JR., A.H. 1996. Geologia do Quaternário e alterações ambientais da região da península de Porto Belo, Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996. **Anais...** Salvador: SBG, p. 33-38.

DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J. & BARBOZA, E.G. 2004. Barrier evolution and placer formation at Bujuru, southern Brazil. **Marine Geology**, 203: 43-56.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. 1986. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina**. Escala 1:500.000. Florianópolis.

DUARTE, G.M. 1988. O futuro do litoral de Santa Catarina. **Geosul**, 6: 39-52.

EHRMAN, W. & POLOZEK, K. 1999. The heavy mineral record in the Pliocene to Quaternary sediments of the CIROS-2 drill core, McMurdo Sound, Antarctica. **Sedimentary Geology**, 128: 223-244.

FEO-CODECIDO, G. 1956. Heavy mineral techniques and their application to Venezuela stratigraphy. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists**, 40 (5): 985-1000.

FIGUEIREDO, E.R.H. de; VITAL, H. & MACEDO, M.H. de F. 2003. Caracterização de minerais pesados ao longo do rio Jaguaribe-CE: distribuição e proveniência. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 9., Recife, 2003. **Anais...** Recife: ABEQUA. CDROM.



FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27: 3-26.

FRIHY, O.E. & DEWIDAR, K.M. 2003. Patterns of erosion/sedimentation, heavy mineral concentration and grains size to interpret boundaries of littoral sub-cells of the Nile Delta, Egypt. **Marine Geology**, 199: 27-43.

FURB & UNIVALI. 2000. Efeitos da atividade extrativa de areia na erosão das margens no baixo Vale do Itajaí-Açu. **Relatório**. UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU & UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ, IPA / CTTMar.

GALEHOUSE, J.S. 1971. Point counting. In: Carver, R. E. (ed.). **Procedures in Sedimentary Petrography**. New York: Wiley-Interscience, p 385-407.

GAPLAN – GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. 1986. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: GAPLAN. 173 p.

GIANNINI, P.C.F. 1987. **Sedimentação Quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP)**. São Paulo, 234p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade de São Paulo.

GIANNINI, P.C.F.; LESSA, G.C.; KOGUT, J.S. & ANGULO, R.J. 1997. Variação na assembléia de minerais pesados de testemunhos rasos na planície costeira de Paranaguá (PR). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E REUNIÃO SOBRE O QUATERNÁRIO DA AMÉRICA DO SUL. 6., Curitiba: 1997. **Resumos Expandidos...** Curitiba: ABEQUA, p. 58-62.

GILSON, J.L. 1950. Deposits of heavy minerals on the brazilian coast transactions. **Mining Engineering**, 187: p. 685 – 693.

GOÑI, J.C. & DELANEY, P.J.V. 1961. Estudo estatístico dos minerais pesados da Formação Botucatu, Rio Grande do Sul (Brasil) e Uruguai. **Boletim da Universidade do Paraná**, 6.

GRABOWSKI NETO, D. 2004. **Distribuição dos sedimentos superficiais na plataforma continental interna do litoral Norte de Santa Catarina com ênfase nos depósitos arenosos**. Itajaí. 48p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.

GRASSO, C. B. 2003. **Caracterização petrográfica, geoquímica e geocronológica de granitóides intrusivos no Complexo Metamórfico Brusque, a sul de Gaspar, Santa Catarina**. São Paulo. Monografia. Curso de Geologia, Universidade de São Paulo.

GRÉ, J.C.R. 1983. **Aspectos sedimentares da plataforma continental de Santa Catarina**. Porto Alegre. 91p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GRIFFITHS, J.C. 1967. **Scientific method in the analysis of sediments**. New York: McGraw-Hill Book Co. 508p.

HOEFEL, F.G. 1998. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas, uma revisão bibliográfica**. Itajaí: UNIVALI. 79p.

HORN FILHO, N.O. 1997. **O Quaternário costeiro da ilha de São Francisco do Sul e arredores, nordeste do Estado de Santa Catarina – aspectos geológicos, evolutivos e ambientais**. Porto Alegre. 312p. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HORN FILHO, N.O. & DIEHL, F.L. 1994. Geologia da Planície Costeira de Santa Catarina. **Alcance**, **1(1)**: 95-102.

\_\_\_\_\_. 1995. Compartimentação geológica-geomorfológica do litoral do estado de Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR. 6., Mar del Plata, 1995. **Resumenes...** Mar del Plata: ALICMAR, p. 109-109.

HORN FILHO, N.O.; DIEHL, F.L. & AMIN JR., A.H. 1996. Geologia do Quaternário da planície costeira do litoral centro-norte do estado de Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 39., Salvador, 1996. **Anais...** Salvador: SBG, v.5, p. 278-280.

\_\_\_\_\_. 1997. Geologia e paleogeografia do Quaternário costeiro do litoral centro-norte do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6., Curitiba, 1997. **Anais...** Curitiba: ABEQUA, p. 71-75.

HUBERT, J.F. 1962. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. **Journal of Sedimentary Petrology**, **32**: 440-450.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 1981. **Mapa planialtimétrico da folha Gaspar, Santa Catarina**, SG-22-Z-B-V-3, Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. 1991. **Mapa planialtimétrico da folha Itajaí, Santa Catarina**, SG-22-Z-B-V-4, Escala 1:50.000.

INMAN, D.L. & FRAUTSCHY, J.D. 1966. Littoral processes and the development of shorelines. In: COASTAL ENGINEERING SPECIALITY CONFERENCE. Santa Barbara, 1966. **Proceedings...** Santa Barbara: p.511-536.

JACKSON, R.G. 1987. Preliminary evaluation of lithofacies models for meandering alluvial streams. **Fluvial Sedimentology**, **5**: 511-536.

JUSTUS, J. de O. 1990. Hidrografia. In: IBGE (Ed.). **Geografia do Brasil, Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 419p.

KAUL, P.F.T. 1980. O cráton de Luiz Alves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Balneário de Camboriú. 1980. **Anais...** Balneário de Camboriú: SBG. V.5. p. 2677-2683.

KING, C.A.M. 1952. **Beaches and Coasts**. Londres: Edward Arnold, 403p.

KOMAR, P.D. 1976. **Beach Process and Sedimentation**. New Jersey: Prentice hall. 429p.

KOMAR, P.D. & WANG, C. 1984. Processes of selective grain transport and the formation of placers on beaches. **Journal of Geology**, **92**: 637-655.

KRAFT, J.C. & CHRZASTOWSKI, M.J. 1985. Coastal stratigraphic sequences. In: Davis Jr. R.A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments**. New York Berlin Heidelberg Tokyo: Springer-Verlag, p. 625-659.

KREBS, A.S.J.; SILVA, M.A.S.; DIAS, A.A.; LOPES, R. da C. & CAMOZZATO, E. O 1990. Grupo Itajaí na Folha Botuverá (SC): modelo geométrico/cinemático e relações com o cinturão metavulcano-sedimentar Brusque – instalação, preenchimento e inversão da Bacia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. Natal. 1990. **Anais...** Natal: SBG. V.6. p.2966-2975.

KRUMBEIN, W.C. 1934. Size Frequency Distribution of Sediments. **Journal of sedimentary petrology**, **4**: 65-77.

KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F. 1938. **Manual of Sedimentary Petrography**. New York: Appleton-Century. 549p.

KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L. 1956. **Stratigraphy and Sedimentation**. San Francisco: W. H. and Freeman and Co. 497p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G.de. 1988. **Mapa geológico do Quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina**. Série Geologia. Seção Geologia Básica, 28: Brasília: DNPM, 40p. 2 mapas.

MARTINS, L.R. 1987. Sedimentos Quaternários da Plataforma Continental Brasileira. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 1. Porto Alegre. 1987, **Anais...** Porto Alegre: ABEQUA, p.11-21.

MARTINS, I.R.; PONZI, V.R.A. 1980. Aspectos texturais e mineralógicos dos sedimentos superficiais da Plataforma Continental brasileira. **Notas Técnicas**, **2**: 33-151,

MARTINS, L.R.; CORRÊA, I.C.S. 1996. Morphology and sedimentology of the Southwest Atlantic Coastal zone and Continental Shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina) **Explanatory text of the Atlas DMS/CPRM/OSLNR/SWATtI/Evangraf/UFRGS-IG-ESCO/IOC/MCT/SECOP**, Porto Alegre, 74p.

MARTINS, L.R.; URIEN, C.M.; EICHLER, B.B. 1967. Distribuição dos sedimentos modernos da plataforma continental Sul-brasileira e Uruguiaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, Curitiba. 1967. **Anais...** Curitiba: SBG, p. 20-43.

MEIRELES, R.P. 2002. **Contribuição à sedimentologia da planície costeira Centro-norte catarinense**. Itajaí, 126p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.

MENDES, J.C. 1984. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: T.A. Queiroz, Editos Ltda. 566p.

MENEZES, J.T. 1999. **Aspectos morfodinâmicos das praias do litoral Centro-norte catarinense**. Itajaí, 193p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.

MEZZADRI, G. & SACCANI, E. 1989. Heavy mineral distribution in late quaternary sediment dispersal in sedimentary basins at active margins. **Journal of Sedimentary Petrology**, **59** (3): 412-422,

MIO, E de. & GIANNINI, P.C.F. 1997. Variação de minerais pesados transversal à planície litorânea de Peruíbe-Itanhaém, SP. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E REUNIÃO SOBRE O QUATERNÁRIO DA AMÉRICA DO SUL. 6. Curitiba. 1997. **Resumos Expandidos...** Curitiba: ABEQUA, p. 109-113.

MONTEIRO, C.A.F. 1958. Esboço geomorfológico. In: **Atlas Geográfico de Santa Catarina**. Florianópolis: Departamento Estadual de Geografia e Estatística.

MORTON, A.C. 1985. Heavy minerals in provenance studies. In: G.G. ZUFFA (ed.). **Provenance of arenites**. Boston: D. Reidel Publishing Company, p.249-277.

MORTON, A.C. & HALLSWORTH, C.R. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. **Sedimentary Geology**, **90**: 241-256.

\_\_\_\_\_ 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. **Sedimentary Geology**, **124**: 3-29.

MORTON, A.C. & JOHNSON, M.J. 1993. Factors influencing the composition of detrital heavy mineral suites in Holocene sands of the Apure River drainage basin, Venezuela. In: **Geological Society of America**, p.171-185.

MORTON, A.C. & SMALE, D. 1990. The effects of transport and weathering on heavy minerals from the Cascade River, New Zealand. **Sedimentary Geology**, **68**: 117-123.

MUEHE, D. 1994. Geomorfologia Costeira, In: GUERRA, A.T. & CUNHA, S.B. (eds.). **Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand. p. 253-308.

NOBRE C.A.; CAVALCANTE, M.A.G.; NOBRE, P.; KAYANO, M.T.; RAO, V.B.; BONATTI, J.P.; SATYAMURTI, P.; UVO, C.B.; & COHEN, J.C. 1986. Aspectos da Climatologia Dinâmica do Brasil. **Climanálise, Número Especial**: 124 p.

OKAY, N. & ERGÜN, B. 2005. Source of the basinal sediments in the Marmara Sea investigated using heavy minerals in the modern beach sands. **Marine Geology**, **216**: 1-15.

PALMA, J.J.C. 1979. Depósitos de minerais pesados. **Série Projeto REMAC**, **10**: 33-50,

PELUSO Jr. V.A. 1986. O relevo do território Catarinense. **GEOSUL**, **2 (1)**: 07-69.

PETTIJOHN, F.J. 1957. **Sedimentary rocks**. New York: Harper & Brothers. 718p.

POPP, J.H. 1987. **Introdução ao estudo da estratigrafia e da interpretação de ambientes de sedimentação**. Curitiba: Scientia et Labor. 326p.

RECH, M; ABREU, J.G.N. de & KLEIN, A.H. da F. 2002. Análise do perfil de equilíbrio da zona costeira do litoral Centro-Norte de Santa Catarina – Fase II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. XLI., João Pessoa, 2002. **Anais...** João Pessoa: v.1, p.109-109.

REINECK, H.E. & SINGH, I.B. 1980. **Depositional Sedimentary Environments, with reference to terrigenous clastics**. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 549 p.

ROBERTS, J. L. 1998. **A Photographic Guide to Minerals, Rocks and Fossils**. London: New Holland Ltd. 128 p.

ROSA, R. & HERMANN, M.L. de P. 1986. Geomorfologia. In: SANTA CATARINA. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Secretaria de estatística e informática. p. 31-32,

RUBEY, W.W. The size-distribution of heavy minerals within a water laid sandstone. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, Okla, p. 3-29, 1933.

SANTA CATARINA. 1991. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Rio de Janeiro: Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. 135p.

SANTA CATARINA. 1997. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: Diagnóstico Geral**. Florianópolis: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio-Ambiente. 163p.

SANTANA, C.I. 1997. Recursos minerais da margem continental brasileira e bacias oceânicas adjacentes. **Relatório Inédito, Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM)** – Grupo de Trabalho sobre Recursos não Vivos da Plataforma Continental, p. 20-23.

SANTIAGO, R; DAZZI, R.L.S.; KLEIN, A.H.F. & MENEZES, J.T. de. 2006. Manager System of Sedimentologic Samples. **Journal of Coastal Research**, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), 1632 - 1634. Itajaí, SC, Brazil.

SANTOS, E.L. dos; SILVA, L.C. da; FILHO, V.O.; COUTINHO, M.G. da N.; ROISENBERG, A.; RAMALHO, R. & HARTMANN, L.A. 1984. Os escudos Sul-Rio Grandense e Catarinense e a Bacia do Paraná. In: Schobenhau, C. (Ed.). **Geologia do Brasil – Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais**. Brasília: DNPM. p. 331-355.

SANTOS, M.L. dos & GASPARETTO, N.V.L. 2003. Assembléia dos minerais pesados nos depósitos aluviais do rio Paraná e sua implicação paleohidrológica. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 9., Recife, 2003. **Anais...** Recife: ABEQUA, p.1-5.

SCHEIBE, L.F. 1986. Geologia de Santa Catarina - Sinopse Provisória. **GEOSUL**, 1 (1): p. 7-38.

SCHETTINI, C.A.F. 2002. Caracterização física do estuário do rio Itajaí-Açu, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 7(1): 123-142.

SCHETTINI, C.A.F.; ZALESKI, A.R. & TRUCCOLO, E.C. 2003. Estudo do regime de correntes e material particulado em suspensão ao largo do estuário do Rio Itajaí-Açu. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 9., Recife, 2003. **Anais...** Recife: ABEQUA, CDROM.

SCHMIDT, C.F. 2006. **Minerais pesados presentes nas praias arenosas oceânicas de Itajaí e Navegantes – SC**. Itajaí. 70 p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.

SCHUMANN, W. 1985. **Rochas e Minerais**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A. 223p.

SHEPARD, F.P. 1973. **Submarine Geology**. Nova Iorque: Harpper and Row. 517p.

SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M.A.S. & MACHIAVELLI, A. 1993. Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. **Revista Brasileira de Geociências**, 23 (3): 215-223.

SILVA, C.G. 2000. Pláceres marinhos. **Revista Brasileira de Geofísica**, 18(3): 327-336.

SILVA, M.G. da. 1999. **Caracterização de minerais pesados ao longo do rio Piranhas-Açu / RN: Distribuição e proveniência**. Natal. 71p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, M.A.M. 1978. Proveniência de minerais pesados em areias praias no sudeste brasileiro: de Rio Grande a Chuí, Rio Grande do Sul. **Sedimentary Geology**, 24: 133-148.

SOUZA, D.R. de. 2004. **Minerais pesados na plataforma continental interna adjacente ao litoral Centro-norte de Santa Catarina**. Itajaí. 103 p. Monografia. Curso de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.

SUGUIO, K. 1973. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher e Editora da USP. 317p.

\_\_\_\_\_ 1980. **Rochas sedimentares**. São Paulo: Editora Blücher, 500p.

\_\_\_\_\_ 1992. **Dicionário de Geologia Marinha**. São Paulo: T.A. Queiroz, 171p.

\_\_\_\_\_ 1999. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais: (passado+presente=futuro?)**. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 366p.

\_\_\_\_\_ 2003. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Editora Blücher, 400p.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J. 1990. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC / UFPR, 183p.

SUGUIO, K.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G. 1985. Flutuações do Nível Relativo do Mar Durante o Quaternário Superior ao Longo do Litoral Brasileiro e Suas Implicações na Sedimentação Costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, **15(4)**: 273-286.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. Quaternary marine formations of the states of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978. **Special Publication...** São Paulo: 55p.

SUKHOROSLOV, V.L. & YABLOKOVA, S.V. 2001. Some features of placer formation under tropical climate conditions. **Quaternary International**, **82**: 75-85.

TICKELL, F.G. 1965. **The techniques of Sedimentary Mineralogy: Developments in Sedimentology**, 4. Amsterdam: Elsevier. 220p.

TOMAZELLI, L.J. 1978. Minerais pesados da plataforma continental do Rio Grande do Sul. **Acta geológica Leopoldensia**, **5(2)**: 159 p.

TRUCCOLO, E.C. 1998. **Maré meteorológica e Forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul – SC**. Florianópolis. 100p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.

VANZ, A. 1996. **Minerais pesados como traçadores naturais na dispersão de sedimentos da Província Patos, desembocadura da lagoa dos Patos**. Rio Grande. 65p. Monografia. Curso de Oceanografia. Fundação Universidade Federal de Rio Grande.

VICALVI, M.A., KOTZIAN, S.C.B.; & FORTI-ESTEVES, I.R. 1977. A ocorrência da microfauna estuarina no quaternário da plataforma continental de São Paulo. In: Evolução Sedimentar Holocênica da Plataforma Continental e do Talude do Sul do Brasil. Rio de Janeiro. CENPES/DINTEP. **PROJETO REMAC** p. 77- 96.

VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, 8: 1-45.

WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, 30: 377-392.

WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56: 93-118.

ZEMBRUSKY, S.G.; BARRETO, H.T.; PALMA, J.C. & MILLIMAN, J.D. 1972. Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da Margem Continental Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém, 1972. **Anais...** Belém: p. 187-209.